

BEST AVAILABLE COPY
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-207711

(43)Date of publication of application : 22.07.2004

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 2003-412585

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 10.12.2003

(72)Inventor : NAGASAKA HIROYUKI
UMAGOME NOBUTAKA

(30)Priority

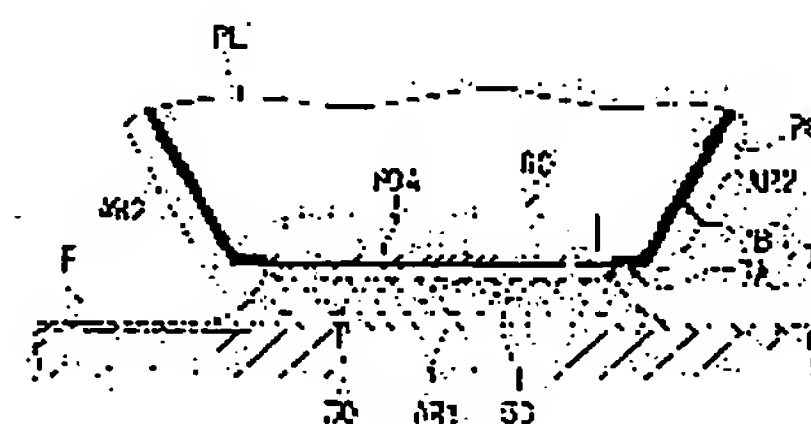
Priority number : 2002357931 Priority date : 10.12.2002 Priority country : JP

(54) EXPOSURE DEVICE, EXPOSURE METHOD, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an exposure device which transfers a pattern at a proper accuracy controlling an environmental change, even if a liquid flows out to an outside of a substrate, when an exposure processing is applied by a liquid immersion method.

SOLUTION: The exposure device exposes the substrate P by filling at least a part of space between a projection lens system PL and the substrate P with the liquid 50, and by projecting an image of the pattern on the substrate P through the projection lens system PL. An optical element 60 and a lens-barrel PK, which are parts to contact to the liquid 50 when the substrate P moves, are applied by a surface treatment to adjust an affinity to the liquid 50. A proper liquid immersion state is maintained as a bubble generation in the liquid between the projection lens system, the substrate is prevented and the liquid is kept between the projection lens system and the substrate at all times.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is the aligner which imprints the image of a pattern on a substrate through a liquid, and exposes a substrate. :

It has the projection optics which projects the image of said pattern on a substrate.;

The part in contact with said liquid of said projection optics is an aligner by which surface treatment is carried out in order to adjust compatibility with a liquid.

[Claim 2]

Exposure of said substrate is an aligner according to claim 1 performed while moving said substrate to a scanning direction.

[Claim 3]

Said surface treatment is an aligner according to claim 1 or 2 performed according to the polarity of said liquid.

[Claim 4]

Said liquid is an aligner according to claim 3 with which it is water and said surface treatment is carried out to the part in contact with said liquid by forming a thin film by the matter of the polar large molecular structure.

[Claim 5]

Said liquid is an aligner according to claim 3 with which it is a fluorine system liquid and said surface treatment is carried out to the part in contact with said liquid by forming a thin film by the matter of the polar small molecular structure.

[Claim 6]

For a part of [each] said optical element front face and front face of said attachment component, the part in contact with the liquid of said projection optics is an aligner of claim 1-5 given in any 1 term by which surface treatment is carried out so that the compatibility over said liquid may become high including a part of front face of the optical element at the tip of said projection optics, and front face [at least] of the attachment component holding this optical element. [at least]

[Claim 7]

The part of the parts in contact with the liquid of said projection optics which exposure light passes at least is an aligner according to claim 1 by which surface treatment is carried out so that compatibility with said liquid may become high.

[Claim 8]

It is the aligner which imprints the image of a pattern on a substrate through a liquid, and exposes a substrate. :

It has the projection optics which projects the image of said pattern on a substrate.;

Said projection optics has the 1st surface field including the optical element front face at the tip, and the 2nd surface field around the 1st surface field,

An aligner with the compatibility higher than the compatibility over the liquid of the 2nd surface field over the liquid of the 1st surface field.

[Claim 9]

The aligner according to claim 8 with which said liquid is held in said 1st surface field in the compatibility over said liquid of said 1st surface field according to it being higher than the compatibility over said liquid of said 2nd surface field.

[Claim 10]

It is conditional expression, using [the rate of said liquid flow / thickness / of said liquid between said projection optics and said substrates / between d, and said projection optics and said substrate] coefficient of viscosity of rho and said liquid as mu for the consistency of v and said liquid.

$(V-d\rho)/\mu \leq 2000$

***** -- the aligner of claim 1-9 characterized by things given in any 1 term.

[Claim 11]

It is the aligner of claim 1-9 which equips at least the part between said projection optics and said substrates with the immersion equipment which pours said liquid, and is characterized by said liquid flowing as a laminar flow given in any 1 term.

[Claim 12]

It is the aligner which illuminates a pattern with an exposure beam, imprints the image of a pattern on a substrate through a liquid, and exposes a substrate. :

Projection optics which projects the image of said pattern on a substrate;

It has immersion equipment which fills at least the part between said projection optics and substrates with a liquid.;

It is conditional expression, using [the rate of the liquid flow / thickness / of a liquid / between d, projection optics, and a substrate] coefficient of viscosity of rho and a liquid as mu for the consistency of v and a liquid.

$(V-d\rho)/\mu \leq 2000$

The aligner by which ** satisfactory is carried out.

[Claim 13]

The amount of supply of said liquid have the feeder which supplies said liquid between said projection optics and said substrates, and the recovery system which collects the liquids between said projection optics and said substrates, and according to said feeder, and the amount of recovery of said liquid by said recovery system are an aligner according to claim 12 determined that it will fill said conditional expression.

[Claim 14]

It is the aligner according to claim 13 which scan exposure is carried out while said substrate moves to a scanning direction, and is determined that the passing speed of said substrate under said scan exposure will fill said conditional expression.

[Claim 15]

It is the aligner according to claim 12 which scan exposure is carried out while said substrate moves to a scanning direction, and is determined that the passing speed of said substrate under said scan exposure will fill said conditional expression.

[Claim 16]

The direction where said liquid flows is an aligner [parallel to said scanning direction] according to claim 14 or 15.

[Claim 17]

It is an aligner given in any 1 term of claims 12-16 whose thickness d of said liquid it is filled with said liquid between said projection optics and said substrates, and is spacing of said projection optics and said substrate.

[Claim 18]

It is the aligner of claim 12-16 whose thickness d of said liquid cover glass is laid on said substrate in the case of exposure, and is spacing of said projection optics and said cover glass given in any 1 term.

[Claim 19]

It is the aligner which illuminates the pattern of a mask with an exposure beam, imprints the image of a pattern on a substrate through a liquid, and exposes a substrate. :

Projection optics which projects the image of said pattern on a substrate;

It has the immersion equipment for filling at least the part between said projection optics and substrates with a liquid, and;;

The aligner with which said liquid serves as a laminar flow, and flows to the scanning direction of a substrate, and parallel.

[Claim 20]

The aligner according to claim 19 with which the passing speed to the scanning direction of said substrate under exposure of said substrate is determined that said liquid will flow as a laminar flow.

[Claim 21]

Said immersion equipment is an aligner according to claim 20 which has the feeder which supplies said

liquid, and the recovery system which collects said liquids.

[Claim 22]

Furthermore, the aligner according to claim 21 equipped with the control unit which controls the amount of supply of said liquid by the feeder, and the amount of recovery of said liquid by said recovery system so that said liquid may flow as a laminar flow.

[Claim 23]

An aligner is an aligner according to claim 19 which has the feeder to which said immersion equipment supplies said liquid, and the recovery system which collects said liquids, and is equipped with the control unit which controls the amount of supply of said liquid by the feeder, and the amount of recovery of said liquid by said recovery system so that said liquid may flow as a laminar flow further.

[Claim 24]

Said liquid is the aligner of claim 12-23 characterized by being water given in any 1 term.

[Claim 25]

Said liquid is the aligner of claim 12-23 characterized by being a fluorine system liquid given in any 1 term.

[Claim 26]

The aligner according to claim 19 with which it has the feeder to which said immersion equipment supplies said liquid, and the recovery system which collects said liquids, and a feeder has the nozzle with which the slit or the porous body was prepared in the nozzle.

[Claim 27]

It is the aligner which illuminates a pattern with an exposure beam, imprints the image of a pattern on a substrate through a liquid, and exposes a substrate. :

Projection optics which projects the image of said pattern on a substrate;

Immersion equipment which supplies a liquid only on a substrate;

It has the control unit which controls said immersion equipment.;

This control unit is an aligner which controls immersion equipment so that supply of a liquid is suspended during exposure of a substrate.

[Claim 28]

The thickness of the liquid supplied on said substrate is an aligner according to claim 27 which is thinner than the working distance of said projection optics, and is held on said substrate with surface tension.

[Claim 29]

The device manufacture approach characterized by manufacturing a device using the aligner of claim 1-28 given in any 1 term.

[Claim 30]

In the exposure approach which projects the image of the pattern by projection optics on a substrate, and exposes a substrate :

Before exposure, in order to adjust compatibility with a liquid, surface treatment of the front face of a substrate is carried out.;

At least the part between projection optics and a substrate is filled with a liquid.;

The exposure approach including projecting the image of a pattern on a substrate through a liquid.

[Claim 31]

Exposure of said substrate is the exposure approach according to claim 30 performed while moving said substrate to a scanning direction.

[Claim 32]

Said surface treatment is the exposure approach according to claim 30 or 31 performed according to the polarity of said liquid.

[Claim 33]

Said liquid is the exposure approach according to claim 32 which is water and forms a thin film in the part in contact with said liquid by the matter of the polar large molecular structure.

[Claim 34]

Said liquid is the exposure approach according to claim 32 which is a fluorine system liquid and forms a thin film in the part in contact with said liquid by the matter of the polar small molecular structure.

[Claim 35]

The device manufacture approach characterized by manufacturing a device using the exposure approach of a publication in any 1 term of claims 30-34.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to the device manufacture approach at the aligner exposed by the pattern image which projected at least the part between projection optics and a substrate according to projection optics in the condition of having filled with the liquid and the exposure approach, and a list.

[Background of the Invention]

[0002]

A semiconductor device and a liquid crystal display device are manufactured by the technique of the so-called photolithography which imprints the pattern formed on the mask on a photosensitive substrate. The aligner used at this photolithography process has the mask stage which supports a mask, and the substrate stage which supports a substrate, and it imprints the pattern of a mask to a substrate through projection optics, moving serially on a mask stage and a substrate stage. Since it corresponds to much more high integration of a device pattern in recent years, the further high resolution-ization of projection optics is desired. The resolution of projection optics becomes so high that the numerical aperture of projection optics is so large that the exposure wavelength to be used becomes short. Therefore, exposure wavelength used with an aligner is short-wavelength-ized every year, and the numerical aperture of projection optics is also increasing. And although the exposure wavelength of the current mainstream is 248nm of KrF excimer laser, no less than 193nm of the ArF excimer laser of short wavelength is being put further in practical use. Moreover, in case it exposes, the depth of focus (DOF) as well as resolution becomes important. Resolution R and the depth of focus delta are expressed with the following formulas, respectively.

$R = k_1 \text{ and } \lambda / NA$ -- (1)

$\Delta = k_2 \text{ and } \lambda / NA^2$ -- (2)

Here, the numerical aperture of projection optics, and k_1 and k_2 is [λ of exposure wavelength and NA] process multipliers. (1) In order to raise resolution R, when exposure wavelength λ is shortened and numerical aperture NA is enlarged from a formula and (2) types, it turns out that the depth of focus delta becomes narrow.

[0003]

When the depth of focus delta becomes narrow too much, it becomes difficult to make a substrate front face agree to the image surface of projection optics, and there is a possibility that the focal margins at the time of exposure actuation may run short. Then, the immersion method which considers as the approach of shortening exposure wavelength substantially and making the depth of focus large, for example, is indicated by the international public presentation/[99th] No. 49504 official report is proposed. This immersion method expands the depth of focus by about n times while it improves resolution using filling between the inferior surface of tongue of projection optics, and substrate front faces with liquids, such as water and an organic solvent, and the wavelength of the exposure light in the inside of a liquid being set to $1/n$ in air (n being usually 1.2 to about 1.6 at the refractive index of a liquid).

[Patent reference 1] International public presentation/[99th] No. 49504 pamphlet

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0004]

By the way, when exposing moving a substrate to projection optics between the case where a liquid is exposed with a sink, and projection optics and a substrate, between projection optics and a substrate where a liquid is filled, a liquid may exfoliate to projection optics or a substrate and un-arranging [that the pattern

image imprinted by the substrate deteriorates] arises. Or also when a liquid is exposed with a sink between projection optics and a substrate and a turbulent flow arises in the liquid flow, a pattern image deteriorates. [0005]

This invention is made in view of such a situation, a liquid is filled between projection optics and a substrate, and in case exposure processing is carried out, it aims at providing with the device manufacture approach the aligner which arranges in the condition of a request of a liquid and can imprint a pattern with a sufficient precision and the exposure approach, and a list.

[Means for Solving the Problem]

[0006]

In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention has adopted the configuration of the following matched with drawing 1 shown in the gestalt of operation - drawing 10 .

[0007]

If the 1st mode of this invention is followed, it will be the aligner which imprints the image of a pattern on a substrate (P) through a liquid (50), and exposes a substrate. :

It has the projection optics (PL) which projects the image of said pattern on a substrate,

In order that the part (60 PK) in contact with said liquid (50) of said projection optics (PL) may adjust compatibility with a liquid (50), the aligner (EX) by which surface treatment is carried out is offered.

[0008]

In the aligner of this invention, since surface treatment for adjusting compatibility with a liquid to the part (suitably henceforth a "liquid contact part") in contact with the liquid of liquid projection optics is performed, a liquid is maintained in the state of a request between projection optics and a substrate. For example, said part and liquid which contact exfoliate [compatibility with the liquid of a liquid contact part] a low **** case, or the phenomenon which has a bad influence on immersion exposure of air bubbles being generated arises. On the other hand, when compatibility with the liquid of a liquid contact part is too high, un-arranging [of a liquid being superfluously damp, spreading to said part which contacts, and flowing out of between projection optics and substrates] may arise. On the other hand, in the aligner of this invention, since compatibility with the liquid of the liquid contact part of projection optics is adjusted, even if it is the scanning aligner with which a substrate is moved by the migration stage not only the one-shot exposure to which the substrate is at a standstill to exposure light during exposure but during exposure, an immersion condition is certainly maintained between a substrate and projection optics.

[0009]

If the 2nd mode of this invention is followed, it will be the aligner which imprints the image of a pattern on a substrate (P) through a liquid (50), and exposes a substrate. :

It has the projection optics (PL) which projects the image of said pattern on a substrate.;

It has the 1st surface field (AR1) where said projection optics (PL) includes the optical element (60) front face at the tip, and the 2nd surface field (AR2) around the 1st surface field (AR1), and an aligner (EX) with the compatibility higher than the compatibility over the liquid (50) of the 2nd surface field (AR2) over the liquid (50) of the 1st surface field (AR1) is offered.

[0010]

While according to this invention a liquid is stabilized on the optical path of exposure light by the 1st surface field and being arranged by making compatibility over the liquid of the 1st surface field containing the optical element at the tip of projection optics higher than the 2nd surface field of the circumference of it, a liquid is around damp with the 2nd surface field, and it does not spread, and does not flow out outside. Therefore, even if it is the scanning exposure by which a substrate is moved to exposure light not only the one-shot exposure to which the substrate is at a standstill to exposure light during exposure but during exposure, a liquid can be stabilized and arranged on the optical path of exposure light.

[0011]

If the 3rd mode of this invention is followed, a pattern will be illuminated with an exposure beam (EL). A liquid (50) is minded for the image of a pattern. It has the projection optics (PL) and; projection optics (PL) which are the aligner which imprints on a substrate (P) and exposes a substrate, and project the image of the :aforementioned pattern on a substrate, and immersion equipment (1 2) which fills at least the part between substrates (P) with a liquid (50). The thickness of; liquid (50) d, It is conditional expression, using [the rate of the flow of the liquid (50) between projection optics (PL) and a substrate (P)] coefficient of viscosity of rho and a liquid (50) as mu for the consistency of v and a liquid (50). $(v-d\rho)/\mu \leq 2000$ The aligner (EX) satisfied is offered.

[0012]

According to this invention, a turbulent flow does not arise into a liquid by setting up the conditions on which a liquid is maintained by at least the part between projection optics (PL) and a substrate (P) so that the above-mentioned conditional expression may be satisfied. Therefore, it can stop un-arranging [that the pattern image which originates in the turbulent flow of a liquid and is projected on a substrate deteriorates].

[0013]

If the 4th mode of this invention is followed, the pattern of a mask (M) will be illuminated with an exposure beam (EL). A liquid (50) is minded for the image of a pattern. It imprints on a substrate (P). A substrate It is the aligner to expose. The image of the :aforementioned pattern It has immersion equipment (1 2) for filling with a liquid at least the part between the projection optics (PL) and; projection optics (PL) which are projected on a substrate, and a substrate (P), and the aligner (EX) with which; liquid (50) becomes a laminar flow, and flows to the scanning direction of a substrate (P) and parallel is offered.

[0014]

Since a liquid serves as a laminar flow and flows to the scanning direction of a substrate, and parallel during exposure by controlling an immersion condition by various approaches according to this invention, degradation of the pattern image projected on a substrate can be prevented. Moreover, the substrate stage holding the projection optics, wafer, or wafer which touches a liquid etc. is not made to generate an unnecessary vibration. For example, liquid flow can be laminar-flow-ized by adjusting the rate, in controlling the amount of liquid supplies (recovery) of immersion equipment, adjusting the structure of the liquid supply nozzle of immersion equipment or moving a substrate at the time of exposure.

[0015]

If the 5th mode of this invention is followed, a pattern will be illuminated with an exposure beam (EL). A liquid (50) is minded for the image of a pattern. It imprints on a substrate (P). It has the control unit (CONT) which is an aligner which exposes a substrate and controls the immersion equipment (1 2) which supplies a liquid (50) only on :the projection optics (PL) which projects the image of said pattern on a substrate and; substrate (P), and; immersion equipment (1 2).; this control unit (CONT) The aligner (EX) which controls immersion equipment (1 2) so that supply of a liquid (50) is suspended during exposure of a substrate (P) is offered.

[0016]

According to this invention, by being controlled so that immersion equipment does not supply a liquid during exposure of a substrate, degradation of the pattern which does not damage the sensitization agent applied on the substrate and is formed on a substrate can be prevented, and it is stabilized and the physical relationship of projection optics and a substrate can be maintained in the desired condition.

[0017]

In the exposure approach which will project the image of the pattern by projection optics (PL) on a substrate (P), and will expose a substrate (P) if the 6th mode of this invention is followed before :exposure At least the part between carrying out surface treatment of the front face of a substrate (P), in order to adjust compatibility with a liquid (50),; projection optics (PL), and a substrate (P) is filled with a liquid (50).; The exposure approach including projecting the image of a pattern on a substrate (P) through a liquid (50), and exposing a substrate (P) is offered.

[0018]

According to this invention, before immersion exposure is performed, a liquid is maintainable in the suitable condition for immersion exposure on a substrate performing surface treatment according to compatibility with a liquid to the front face of a substrate. For example, when compatibility with a liquid is too low, a liquid exfoliates or un-arranging [of air bubbles being generated to the front face of a substrate] arises. On the other hand, when compatibility with a liquid is too high, un-arranging -- on a substrate, a liquid is superfluously damp and spreads -- may arise. On the other hand, like the exposure approach of this invention, by performing suitable processing for a substrate front face, it can hold in the condition of a request of a liquid on a substrate, and recovery and removal of the liquid on a substrate can be appropriately performed in consideration of compatibility with a liquid.

[Effect of the Invention]

[0019]

Since according to this invention exfoliation of a liquid, generating of air bubbles, or generating of a turbulent flow is suppressed between projection optics and a substrate and a liquid can be maintained in the state of a request in immersion exposure, a pattern imprint can be correctly performed under the large depth of focus. Therefore, this invention is very useful to the exposure which uses sources of short wave Nagamitsu, such as ArF, and the high integration device which has the desired engine performance can be

manufactured.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0020]

Although explained hereafter, referring to a drawing about the aligner and the device manufacture approach of this invention, this invention is not limited to this. Drawing 1 is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the aligner of this invention.

[0021]

The mask stage MST where Aligner EX supports Mask M in drawing 1 The illumination-light study system IL which illuminates the mask M currently supported by the substrate stage PST which supports Substrate P, and the mask stage MST with the exposure light EL It has the control unit CONT which carries out generalization control of the actuation of the projection optics PL which carries out projection exposure of the image of the pattern of the mask M illuminated with the exposure light EL at the substrate P currently supported by the substrate stage PST, and the whole aligner EX.

[0022]

Here, with this operation gestalt, carrying out a synchronized drive for being suitable (hard flow), as an aligner EX, the case where the scanning aligner (the so-called scanning stepper) which exposes a mutually different pattern [in / for Mask M and Substrate P / a scanning direction] formed in Mask M to Substrate P is used is made into an example, and it explains. Let [the direction which is in agreement with the optical axis AX of projection optics PL] a direction (non-scanning direction) perpendicular to X shaft orientations, Z shaft orientations, and Y shaft orientations be Y shaft orientations for the direction of a synchronized drive of Mask M and Substrate P (scanning direction) in the following explanation in a flat surface perpendicular to Z shaft orientations and Z shaft orientations. Moreover, let the directions of the circumference of the X-axis, a Y-axis, and the Z-axis be θ_X , θ_Y , and θ_Z direction, respectively. In addition, a "substrate" here contains the reticle the "mask" had the device pattern by which contraction projection is carried out formed on a substrate including what applied the resist on the semi-conductor wafer.

[0023]

The illumination-light study system IL illuminates the mask M currently supported by the mask stage MST with the exposure light EL, and has the adjustable field diaphragm which sets up the lighting field on the condensing lens which condenses the exposure light EL from an optical integrator and an optical integrator which equalizes the illuminance of the flux of light injected from the light source for exposure, and the light source for exposure, a relay lens system, and the mask M by the exposure light EL in the shape of a slit. The predetermined lighting field on Mask M is illuminated by the illumination-light study system IL with the exposure light EL of uniform illumination distribution. As an exposure light EL injected from the illumination-light study system IL, vacuum-ultraviolet light (VUV light), such as far-ultraviolet light (DUV light), such as the bright line (g line, h line, i line) of an ultraviolet area, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), etc. which are injected, for example from a mercury lamp, and ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), F2 laser beam (wavelength of 157nm), etc. is used. ArF excimer laser light is used in this operation gestalt.

[0024]

that to which a mask stage MST supports Mask M -- it is -- the inside of a flat surface perpendicular to the optical axis AX of projection optics PL, i.e., XY flat surface, -- two-dimensional -- minute to movable and θ_Z direction -- it is pivotable. A mask stage MST is driven with the mask stage driving gears MSTG, such as a linear motor. The mask stage driving gear MSTG is controlled by the control unit CONT. The location of the two-dimensional direction of the mask M on a mask stage MST and an angle of rotation are measured on real time by the laser interferometer, and a measurement result is outputted to a control unit CONT. A control device CONT positions the mask M currently supported by the mask stage MST by driving the mask stage driving gear MSTG based on the measurement result of a laser interferometer.

[0025]

Projection optics PL carries out projection exposure of the pattern of Mask M for the predetermined projection scale factor beta at Substrate P, it consists of two or more optical elements (lens), and these optical elements are supported by the lens-barrel PK formed by the metal member (SUS403), for example, stainless steel. In this operation gestalt, the projection scale factor beta of projection optics PL is the contraction system of 1/4 or 1/5. In addition, any of unit systems and an expansion system are sufficient as projection optics PL. Moreover, the plane-parallel plate (optical element) 60 formed from glass members, such as a quartz and a calcium fluoride (fluorite), is formed in the point 7 by the side of the substrate P of the projection optics PL of this operation gestalt. This optical element 60 is formed possible [attachment

and detachment (exchange)] to Lens-barrel PK. The point 7 of projection optics PL is constituted by the optical element 60 and a part of lens-barrel (attachment component) PK holding this.

[0026]

The substrate stage PST is equipped with Z stage 51 which holds Substrate P through a substrate holder, X-Y stage 52 which supports Z stage 51, and the base 53 which supports X-Y stage 52 in support of Substrate P. The substrate stage PST is driven with the substrate stage driving gears PSTD, such as a linear motor. The substrate stage driving gear PSTD is controlled by the control unit CONT. By driving Z stage 51, the location in the location (focal location) in Z shaft orientations of the substrate P currently held at Z stage 51 and thetaX, and the direction of thetaY is controlled. Moreover, the location (it is [the image surface of projection optics PL and] the location of an parallel direction substantially) in the XY direction of Substrate P is controlled by driving X-Y stage 52. That is, Z stage 51 controls the focal location and tilt angle of Substrate P, and doubles the front face of Substrate P with the image surface of projection optics PL by the automatic focus method and the auto leveling method, and X-Y stage 52 performs positioning in X shaft orientations and Y shaft orientations of Substrate P. In addition, it cannot be overemphasized that a Z stage and an X-Y stage may be prepared in one.

[0027]

On the substrate stage PST (Z stage 51), the migration mirror 54 which moves to projection optics PL with the substrate stage PST is formed. Moreover, the laser interferometer 55 is formed in the location which counters the migration mirror 54. The location of the two-dimensional direction of the substrate P on the substrate stage PST and an angle of rotation are measured on real time by the laser interferometer 55, and a measurement result is outputted to a control unit CONT. A control device CONT positions the substrate P currently supported by the substrate stage PST by driving the substrate stage driving gear PSTD based on the measurement result of a laser interferometer 55.

[0028]

With this operation gestalt, while shortening exposure wavelength substantially and improving resolution, in order to make the depth of focus large substantially, an immersion method is applied. Therefore, while imprinting the image of the pattern of Mask M on Substrate P at least, the predetermined liquid 50 is filled between the front face of Substrate P, and the point 7 of projection optics PL. As mentioned above, a part of optical element 60 and lens-barrel PK are arranged at the point 7 of projection optics PL, and a liquid 50 contacts an optical element (glass member) 60 and Lens-barrel (metal member) PK. Pure water is used for a liquid 50 in this operation gestalt. Pure water can penetrate this exposure light EL, when not only ArF excimer laser light but exposure light EL is made into far-ultraviolet light (DUV light), such as the bright line (g line, h line, i line) of an ultraviolet area, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), etc. which are injected from a mercury lamp.

[0029]

Aligner EX is equipped with the point 7 of projection optics PL, the liquid feeder (immersion equipment, feeder) 1 which supplies the predetermined liquid 50 to the space 56 between Substrates P, and the liquid recovery system (immersion equipment, recovery system) 2 which collects the liquids 50 of space 56. The liquid feeder 1 pours a liquid 50 to the scanning direction of Substrate P, and parallel, and equips at least the part between projection optics PL and Substrate P with a tank, a booster pump, etc. which hold a liquid 50. The end section of a supply pipe 3 is connected to the liquid feeder 1, and the supply nozzle 4 is connected to the other end of a supply pipe 3. The liquid feeder 1 supplies a liquid 50 to space 56 through a supply pipe 3 and the supply nozzle 4.

[0030]

The liquid recovery system 2 is equipped with the tank which holds a suction pump and the collected liquid 50. The end section of the recovery tubing 6 is connected to the liquid recovery system 2, and the recovery nozzle 5 is connected to the other end of the recovery tubing 6. The liquid recovery system 2 collects the liquids 50 of space 56 through the recovery nozzle 5 and the recovery tubing 6. In case a liquid 50 is filled to space 56, a control unit CONT drives the liquid recovery system 2, and collects the liquids 50 of the specified quantity from space 56 per unit time amount through the recovery nozzle 5 and the recovery tubing 6 while it drives the liquid feeder 1 and supplies the liquid 50 of the specified quantity per unit time amount to space 56 through a supply pipe 3 and the supply nozzle 4. Thereby, a liquid 50 is arranged in the apical surface 7 of projection optics PL, and the space 56 between Substrates P.

[0031]

At the time of scan exposure, some pattern images of Mask M are projected on the projection field of the rectangle [directly under] of apical surface 60A, and Substrate P moves in the direction of +X (or the

direction of -X) by rate $\beta \cdot V$ (β is a projection scale factor) through X-Y stage 52 to projection optics PL synchronizing with Mask M moving in the direction of -X (or the direction of +X) at a rate V. And after exposure ending to one shot field, the next shot field moves to a scan starting position by stepping of Substrate P, and exposure processing to each shot field is hereafter performed one by one by step - and - scanning method. With this operation gestalt, it is set up so that a liquid 50 may be poured in the same direction as the migration direction of a substrate to the migration direction of Substrate P, and parallel.

[0032]
Drawing 2 is drawing showing the physical relationship of the point 7 of projection optics PL, the supply nozzle 4 (4A-4C) which supplies a liquid 50 to X shaft orientations, and the recovery nozzle 5 (5A, 5B) which collects liquids 50. In drawing 2, the configuration of a point 7 (apical surface 60A of an optical element 60) is the shape of a long and slender rectangle at Y shaft orientations, three supply nozzles 4A-4C are arranged at the direction side of +X, and two recovery nozzles 5A and 5B are arranged at the direction side of -X so that X shaft orientations may pinch the point 7 of projection optics PL. And the supply nozzles 4A-4C are connected to the liquid feeder 1 through a supply pipe 3, and the recovery nozzles 5A and 5B are connected to the liquid recovery system 2 through the recovery tubing 4. Moreover, the supply nozzles 8A-8C and the recovery nozzles 9A and 9B are arranged at the arrangement which rotated the supply nozzles 4A-4C and the recovery nozzles 5A and 5B 180 degrees of abbreviation to the core of a point 7. The supply nozzles 4A-4C and the recovery nozzles 9A and 9B are arranged by turns by Y shaft orientations, the supply nozzles 8A-8C and the recovery nozzles 5A and 5B are arranged by turns by Y shaft orientations, the supply nozzles 8A-8C are connected to the liquid feeder 1 through a supply pipe 10, and the recovery nozzles 9A and 9B are connected to the liquid recovery system 2 through the recovery tubing 11. It is necessary to perform supply of the liquid from a nozzle so that a gas part may not arise between projection optics PL and Substrate P.

[0033]
 Moreover, as shown in drawing 3, on both sides of a point 7, the supply nozzles 31 and 32 and the recovery nozzles 33 and 34 can also be formed in each of Y shaft-orientations both sides. By this supply nozzle and the recovery nozzle, a liquid 50 can be stabilized and supplied between projection optics PL and Substrate P at the time of migration to the non-scanning direction (Y shaft orientations) of the substrate P at the time of carrying out step migration.

[0034]
 In addition, especially the configuration of the nozzle mentioned above is not limited and may be made to perform supply or recovery of a liquid 50 with two pairs of nozzles about the long side of a point 7. In addition, in this case, in order to enable it to perform supply and recovery of a liquid 50 also from the which direction of the direction of +X, or the direction of -X, it may compare with a supply nozzle and a recovery nozzle up and down, and you may arrange.

[0035]
Drawing 4 is an about seven point [of projection optics PL] enlarged drawing. In drawing 4, surface treatment according to compatibility with a liquid 50 is performed to the point 7 of projection optics PL. A point 7 is a part in contact with a liquid 50, when moving Substrate P to a scanning direction (X shaft orientations), in order to carry out scan exposure, and it contains a part of side-face 7B of the lens-barrel PK linked to inferior-surface-of-tongue 7A and this inferior-surface-of-tongue 7A of the projection optics PL including a part of inferior-surface-of-tongue 60A of an optical element 60, and lens-barrel PK inferior surface of tongue. In this operation gestalt, since a liquid 50 is water, surface treatment according to compatibility with water is performed to the point 7.

[0036]
 In the point 7 of projection optics PL, surface treatment from which the 2nd surface field AR 2 which are the 1st surface field AR 1 including some fields of the inferior surface of tongue of surface (inferior surface of tongue) 60A of an optical element 60 and Lens-barrel PK and this 1st surface field AR1 circumference, and includes the remaining fields of the inferior surface of tongue of Lens-barrel PK and the side face of Lens-barrel PK differs mutually is performed. Surface treatment is performed to each of the 1st and 2nd surface fields AR1 and AR2 so that the compatibility over the liquid(water) 50 of the 1st surface field AR 1 may specifically become higher than the compatibility over the liquid(water) 50 of the 2nd surface field AR 2. Here, lyophilic-ized processing (hydrophilization processing) which gives lyophilic to the 1st surface field AR 1 containing an optical element 60, and liquid repelling processing (water-repellent treatment) which gives liquid repellant to the 2nd surface field AR 2 are performed. Lyophilic-ized processing is processing which makes compatibility over a liquid high, and liquid repelling processing is processing

which makes compatibility over a liquid low.

[0037]

Surface treatment is performed according to the polarity of a liquid 50. In this operation gestalt, since a liquid 50 is polar large water, it is forming a thin film by matter of the polar large molecular structure, such as alcohol, as hydrophilization processing to the 1st surface field AR 1 containing an optical element 60, and gives a hydrophilic property to this 1st surface field AR 1. Or since many strong polar O molecules gather in a front face by performing O₂ plasma treatment which carries out plasma treatment, using oxygen (O₂) as raw gas as opposed to inferior-surface-of-tongue 60A of the optical element 60 of the 1st surface field AR 1, and Lens-barrel PK, a hydrophilic property can be given. Thus, when using water as a liquid 50, the processing which arranges on a front face what had the polar large molecular structures, such as an OH radical, in the 1st surface field AR 1 is desirable. moreover, since the 1st surface field AR 1 contains the optical element 60 which is a glass member, and the lens-barrel PK which is a metal member, when carrying out hydrophilization processing, it can perform different surface treatment, such as it being alike, respectively and forming a thin film by different matter of a glass member and a metal member. Of course, the same surface treatment may be performed to each of the glass member of the 1st surface field AR 1, and a metal member. Moreover, when forming a thin film, technique, such as spreading and vacuum evaporation, can be used.

[0038]

On the other hand, water-repellent treatment is given to the 2nd surface field AR 2 including a lens-barrel PK front face. Water repellence is given to this 2nd surface field AR 2 by forming a thin film by the matter containing a fluorine of the polar small molecular structure as water-repellent treatment to the 2nd surface field AR 2. Or water repellence can be given by performing CF₄ plasma treatment which carries out plasma treatment, using carbon tetrafluoride (CF₄) as raw gas. When forming a thin film to the 2nd surface field AR 2, technique, such as spreading and vacuum evaporation, can be used.

[0039]

Moreover, with this operation gestalt, surface treatment is performed also according to the compatibility with a liquid 50 or the front face of Substrate P. Here, hydrophilization processing is performed to the front face of Substrate P. As hydrophilization processing to Substrate P, it gives lyophilic to the front face of Substrate P by forming a thin film by matter of the molecular structure with polarities large, for example, such as alcohol, which was mentioned above. In addition, when alcohol etc. is applied and surface preparation of the front face of Substrate P is carried out, before conveying a substrate to following last process, for example, a developer/coating machine, of spreading of sensitive material, it is desirable [it is after exposure, and] to establish the washing process for washing a paint film.

[0040]

And by making compatibility over the liquid 50 of the 1st surface field AR 1 higher than the compatibility over the liquid 50 of the 2nd surface field AR 2, in the 1st surface field AR 1, a liquid 50 is stabilized and is held.

[0041]

Here, the thin film for surface treatment is formed with an undissolved ingredient to a liquid 50. Moreover, since the thin film formed in an optical element 60 is what is arranged on the optical path of the exposure light EL, it is formed with the ingredient which has permeability to the exposure light EL, and is set as extent to which the thickness can also penetrate the exposure light EL.

[0042]

Next, the operation at the time of exposing the pattern of Mask M to Substrate P using the aligner EX mentioned above is explained.

[0043]

If Substrate P is loaded to the substrate stage PST while Mask M is loaded to a mask stage MST, a control unit CONT will drive the liquid feeder 1, and will start the liquid supply actuation to space 56. The liquid feeder 1 supplies a liquid 50 along the migration direction of Substrate P to space 56. For example, when moving Substrate P to the scanning direction (the direction of -X) shown by the arrow head Xa (refer to drawing 2) and performing scan exposure, supply and recovery of a liquid 50 are performed by the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2 using a supply pipe 3, the supply nozzles 4A-4C, the recovery tubing 4, and the recovery nozzles 5A and 5B. namely, in case Substrate P moves in the direction of -X While a liquid 50 is supplied between projection optics PL and Substrate P from the liquid feeder 1 through a supply pipe 3 and the supply nozzle 4 (4A-4C) Liquids 50 are collected by the liquid recovery system 2 through the recovery nozzle 5 (5A, 5B) and the recovery tubing 6, and a liquid 50 flows in the direction of -

X so that between a lens 60 and Substrates P may be filled. When moving Substrate P to the scanning direction (the direction of +X) shown by the arrow head Xb on the other hand and performing scan exposure, supply and recovery of a liquid 50 are performed by the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2 using a supply pipe 10, the supply nozzles 8A-8C, the recovery tubing 11, and the recovery nozzles 9A and 9B. namely, in case Substrate P moves in the direction of +X While a liquid 50 is supplied between projection optics PL and Substrate P from the liquid feeder 1 through a supply pipe 10 and the supply nozzle 8 (8A-8C) Liquids 50 are collected by the liquid recovery system 2 through the recovery nozzle 9 (9A, 9B) and the recovery tubing 11, and a liquid 50 flows in the direction of +X so that between a lens 60 and Substrates P may be filled. Thus, a control unit CONT pours a liquid 50 along the migration direction of Substrate P using the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2. Since the liquid 50 supplied through the supply nozzle 4 in this case from the liquid feeder 1 is drawn in space 56 with migration in the direction of -X of Substrate P, is made and flows, even if the supply energy of the liquid feeder 1 is small, a liquid 50 can be easily supplied to space 56. And also when scanning Substrate P by changing the direction which pours a liquid 50 according to a scanning direction in the which direction of the direction of +X, or the direction of -X, between the apical surface 7 of a lens 60 and Substrates P can be filled with a liquid 50, and high resolution and the large depth of focus can be obtained.

[0044]

At this time, the case where surface treatment is not performed to projection optics PL and Substrate P is considered. Drawing 5 is the mimetic diagram showing the flow of the liquid 50 in the condition that surface treatment is not performed. Here, compatibility makes low a projection optics PL front face and a substrate P front face to a liquid 50.

[0045]

Drawing 5 (a) is drawing showing the condition that the substrate stage PST has stopped. A liquid 50 is supplied from the supply nozzle 4, and are collected from the recovery nozzle 5. At this time, since compatibility is low, the contact angle theta of a liquid 50 and Substrate P is large. Drawing 5 (b) is drawing showing the condition that Substrate P started migration to X shaft orientations by the substrate stage PST. A liquid 50 is pulled by the substrate P which moves, is made and deforms. Since compatibility is low, a liquid 50 and Substrate P tend to separate a liquid 50 from the front face of Substrate P. Drawing 5 (c) is drawing showing the condition that the passing speed of the substrate P on the substrate stage PST rose further. The exfoliation field (air bubbles) H1 is formed between Substrate P and a liquid 50, and, moreover, the exfoliation field H2 is formed also between an optical element 60 and a liquid 50. If these exfoliation fields H1 and H2 are formed on the optical path of the exposure light EL, the pattern of Mask M will not be correctly imprinted by Substrate P.

[0046]

Drawing 6 is the mimetic diagram showing the flow of the liquid 50 in the condition that surface treatment of the point 7 and substrate P front face of projection optics P is carried out, as explained using drawing 4.

[0047]

Drawing 6 (a) is drawing showing the condition that the substrate stage PST has stopped. Since surface treatment was performed and the compatibility of a liquid 50 and Substrate P was raised, the contact angle theta is small. Drawing 6 (b) is drawing showing the condition that Substrate P started migration to X shaft orientations by the substrate stage PST. Since the compatibility of a liquid 50 and Substrate P is high, even if Substrate P moves, a liquid 50 is not superfluously pulled by Substrate P. Moreover, since the compatibility over the liquid 50 of the 1st surface field AR 1 of projection optics PL is also high, the 1st surface field AR 1 and a liquid 50 do not exfoliate. Since the circumference of the 1st surface field AR 1 is surrounded in the 2nd surface field AR 2 where the compatibility over a liquid 50 is low at this time, without flowing out outside, it is stabilized to space 56 and the liquid 50 of space 56 is arranged in it. Drawing 6 (c) is drawing showing the condition that the passing speed of the substrate P on the substrate stage PST rose further. Even if it goes up the passing speed of Substrate P, since surface treatment is performed to projection optics PL and Substrate P, exfoliation is not produced between a liquid 50, and projection optics PL and Substrate P.

[0048]

As explained above, in the exposure processing based on an immersion method, inconvenient generating, such as exfoliation of a liquid 50 and generating of air bubbles, is suppressed on the point 7 of projection optics PL and the front face of Substrate P which are a part in contact with a liquid 50, and a liquid 50 can be stabilized and arranged between projection optics PL and Substrate P by performing surface treatment according to compatibility with a liquid 50 on them. Therefore, a good pattern imprint precision is

maintainable.

[0049]

In addition, it may be made to perform surface treatment according to compatibility with a liquid 50 only to one side from the point 7 of projection optics PL, and substrate P surface *****.

Moreover, in the above-mentioned operation gestalt, the inferior surface of tongue of surface 60A of an optical element 60 and Lens-barrel (attachment component) PK part was made into the 1st surface field AR 1, and it was explained that surface treatment was performed so that the compatibility over a liquid 50 may become high to this 1st surface field AR 1. That is, although it explained that the boundary of a lyophilic-ized processing field and a liquid repelling processing field was located on the lens-barrel PK inferior surface of tongue, this boundary may be set as optical element 60 front face. That is, the configuration that lyophilic-ized processing is performed to some fields (field through which exposure light passes at least) of an optical element 60, and liquid repelling processing is performed to the remaining fields may be used. Of course, the boundary of a lyophilic-ized processing field and a liquid repelling processing field may be made in agreement with the boundary of an optical element 60 and Lens-barrel PK. That is, the configuration of performing lyophilic-ized processing only to an optical element 60 may be used. Furthermore, the above-mentioned boundary may lyophilic-ization-process inferior-surface-of-tongue 7A all of not only setting it as inferior-surface-of-tongue 7A of projection optics PL but the projection optics PL.

[0050]

Furthermore, in case surface treatment is performed, it is also possible to give distribution to lyophilic (liquid repellance). If it puts in another way, surface treatment can be performed so that the contact angle of the liquid about two or more fields on the field which carries out surface treatment may serve as a value different, respectively. Or a lyophilic-ized field and a liquid repelling field are divided suitably, and you may make it arrange them.

[0051]

Moreover, the thin film for surface treatment may be monolayer, and may be film which consists of two or more layers. Moreover, the ingredient of arbitration can be used if the formation ingredient is also ingredients which can demonstrate the desired engine performance, such as a metal, metallic compounds, and the organic substance.

[0052]

Moreover, although thin film formation, plasma treatment, etc. are effective in the surface treatment of an optical element 60 or Substrate P, about the surface treatment of the lens-barrel PK which is a metal member, the compatibility over a liquid can be adjusted with physical means, such as carrying out surface roughening of the front face of this lens-barrel PK, for example.

[0053]

In addition, although it set in the above-mentioned operation gestalt, the maintenance by which the liquid between projection optics PL and Substrate P was stabilized was thought as important and the substrate P front face is made lyophilic (lyophilic processing), when thinking the recovery and removal of a liquid from a substrate P front face as important, liquid repelling (liquid-repellency treatment) of the substrate P front face may be carried out.

Moreover, although it is made to perform surface treatment according to compatibility with a liquid 50 to the point 7 of projection optics PL, and the front face of Substrate P, you may make it supply the liquid according to one [the point 7 of projection optics PL, and / at least] compatibility of a substrate P front face from the liquid feeder 1 in an above-mentioned operation gestalt.

[0054]

As mentioned above, the liquid 50 in this operation gestalt is constituted by pure water. Pure water has an advantage without the bad influence to a photoresist, an optical element (lens), etc. on Substrate P while being able to come to hand in large quantities easily by a semi-conductor plant etc. Moreover, since the content of an impurity is very low, pure water can also expect the operation which washes the front face of Substrate P, and the front face of an optical element established in the apical surface of projection optics PL, while not having a bad influence to an environment.

[0055]

And when the refractive index n of the pure water(water) to the exposure light EL whose wavelength is about 193nm is called about 1.44 to about 1.47 and ArF excimer laser light (wavelength of 193nm) is used as the light source of the exposure light EL, on Substrate P, it is short-wavelength-ized by $1/\text{about } n$, i.e., 131-134nm, and high resolution is obtained. Furthermore, when what is necessary is just to be able to secure the depth of focus comparable as the case where it is used in air since the depth of focus is expanded [be /

it / under / air / comparing] to about about n times, i.e., 1.44 to 1.47 times, it can make the numerical aperture of projection optics PL increase more, and its resolution improves also at this point.

[0056]

Although the plane-parallel plate is attached at the tip of projection optics PL as an optical element 60 with this operation gestalt, even if it is the optical plate used for the optical property of projection optics PL, for example, adjustment of aberration (spherical aberration, comatic aberration, etc.), as an optical element attached at the tip of projection optics PL, it may give up, and you may be a lens. On the other hand, the optical element in contact with a liquid 50 by considering as a plane-parallel plate cheaper than a lens. Even if the matter (for example, silicon system organic substance etc.) to which the permeability of projection optics PL, the illuminance of the exposure light EL on Substrate P, and the homogeneity of illumination distribution are reduced in the time of conveyance of Aligner EX, assembly, and adjustment etc. adheres to the plane-parallel plate. There is an advantage that the exchange cost becomes low compared with the case where the optical element in contact with a liquid 50 is used as a lens that what is necessary is just to exchange the plane-parallel plate just before supplying a liquid 50. Namely, although it is necessary to exchange the optical element periodically since the front face of the optical element which originates in adhesion of the impurity in the scattering particle generated from a resist by the exposure of the exposure light EL or a liquid 50 etc., and contacts a liquid 50 becomes dirty. By using this optical element as a cheap plane-parallel plate, compared with a lens, the cost of a substitute part can be low, and can shorten time amount which exchange takes, and the rise of a maintenance cost (running cost) and the fall of a throughput can be suppressed.

[0057]

Moreover, when the pressure between the optical elements at the tip of projection optics PL and Substrates P which are produced by the flow of a liquid 50 is large, the optical element may not be made exchangeable, but you may fix strongly so that an optical element may not move with the pressure.

[0058]

In addition, although the liquid 50 of this operation gestalt is water, since this F2 laser beam does not penetrate water when the light source of for example, the exposure light EL which may be liquids other than water is F2 laser, you may be the fault fluorine system oil [for example,] (liquid of fluorine system), and polyether fluoride (PFPE) which can penetrate F2 laser beam as a liquid 50. In this case, it lyophilic-ization-processes by forming a thin film in the part in contact with the liquid 50 of projection optics PL, or a substrate P front face by the matter of the polar small molecular structure containing a fluorine. Moreover, if it considers as a liquid 50, there is permeability over the exposure light EL, a refractive index is high as much as possible, and it is also possible to use a stable thing (for example, cedar oil) to the photoresist applied to projection optics PL and a substrate P front face. Also in this case, surface treatment is performed according to the polarity of the liquid 50 to be used.

[0059]

Next, it explains, referring to drawing 7 about the 2nd operation gestalt of this invention.

[0060]

It is conditional expression when coefficient of viscosity of ρ and a liquid 50 is set [the rate of the flow of the liquid / thickness / (here, it is spacing of projection optics PL and Substrate P) / of the liquid 50 between inferior-surface-of-tongue 7A of projection optics PL, and a substrate P front face / 50 between d, projection optics PL, and Substrate P] to μ for the consistency of v and a liquid 50 in the aligner EX of this operation gestalt.

$(V-d-\rho) / \mu \leq 2000 \text{ -- (3)}$

It is set up so that it may be satisfied. Thereby, in space 56, a liquid 50 serves as a laminar flow and flows. In addition, although it is also considered that the rate v of two or more flow which is different according to the location in the liquid in a liquid 50 exists, the maximum velocity V_{\max} should just fill the above-mentioned (3) formula.

[0061]

A control unit CONT adjusts either at least among the amount of supply per unit time amount of the liquid to the space 56 by the liquid feeder 1, and the amount of recovery per unit time amount of the liquid of the space 56 by the liquid recovery system 2 so that the above-mentioned conditional expression (3) may be satisfied. The rate v of the liquid 50 which flows space 56 is determined by this, and conditional expression (3) can be satisfied. By satisfying conditional expression (3), a liquid 50 serves as a laminar flow and flows space 56.

[0062]

Or a control device CONT can satisfy conditional expression (3) also by adjusting the passing speed to the scanning direction of Substrate P through the substrate stage PST. That is, the rate v of the liquid 50 which flows space 56 may be determined with the passing speed of Substrate P. That is, by migration of Substrate P, the liquid 50 on Substrate P is dragged by Substrate P, and may make and flow. In that case, it can be satisfied with adjusting the passing speed of Substrate P of conditional expression (3). For example, what is necessary is just to make it satisfy conditional expression (3) for the passing speed of Substrate P as a rate v of a liquid 50, when Substrate P and a liquid 50 flow to projection optics PL at the almost same rate. Also in this case, a liquid 50 serves as a laminar flow and flows space 56. Moreover, in that case, during exposure of Substrate P, the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2 cannot not necessarily be operated, and flow of a liquid 50 can be laminar-flow-ized only by adjustment of the passing speed of Substrate P.

[0063]

In addition, in order to satisfy the above-mentioned conditional expression (3), thickness (namely, distance between projection optics PL and Substrate P) d of a liquid 50 is beforehand set up as a design value of an aligner, a rate v may be determined based on this, a rate v is beforehand set up as a design value, and you may make it determine thickness (distance) d based on this.

[0064]

Moreover, in order for a liquid 50 to serve as a laminar flow and to make it flow in space 56, as shown in drawing 8 (a), a slit can be prepared in opening of the supply nozzle 4 linked to the liquid feeder 1, or as shown in drawing 8 (b), by preparing a porous body in opening of the supply nozzle 4, a liquid 50 is rectified and it can pass in the state of a laminar flow.

[0065]

And when a liquid 50 serves as a laminar flow and flows, un-arranging [which it is called the refractive-index change and vibration by fluctuation of a pressure] is controlled, and a good pattern imprint precision can be maintained. Furthermore, by setting up and carrying out exposure processing of the aligner EX so that the above-mentioned conditional expression (3) may be satisfied while performing surface treatment to the part and substrate P front face which contact a liquid 50 among projection optics PL, the liquid 50 of space 56 is set as a much more good condition rather than affect and there is nothing for pattern imprint precision.

[0066]

In an above-mentioned operation gestalt, although the aligner which fills between projection optics PL and Substrates P with a liquid locally is adopted, this invention is applicable also to the immersion aligner to which the stage holding the substrate for exposure is moved in a cistern, and the immersion aligner which forms the liquid tub of the predetermined depth on a stage, and holds a substrate in it. About the structure of an immersion aligner and exposure actuation which form the liquid tub of the predetermined depth on a stage, and hold a substrate in it, for example to JP,6-124873,A about the structure of the immersion aligner to which the stage holding the substrate for exposure is moved in a cistern, and exposure actuation, it is indicated by JP,10-303114,A and U.S. Pat. No. 5,825,043, respectively, for example.

[0067]

In addition, although supply and recovery of a liquid 50 were continued also during exposure of said substrate P with the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2, you may make it suspend the supply and recovery of a liquid 50 by the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2 during exposure of Substrate P in the above-mentioned operation gestalt. That is, before exposure initiation of Substrate P, between the point 7 of projection optics PL, and Substrate P, the little liquid 50 is supplied on Substrate P by the liquid feeder 1, and the point 7 and Substrate P of projection optics PL are stuck to extent which can do the immersion part of the thickness below the working distance of projection optics PL (about 0.5-1.0mm), or extent by which thin liquid membrane is made on all over Substrate P through the liquid 50. Since the point 7 of projection optics PL and spacing with Substrate P are several mm or less, even if it moves Substrate P during exposure of Substrate P, without performing the supply and recovery of a liquid by the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2, holding 50 for a liquid with the surface tension of a liquid 50 can be continued between projection optics PL and Substrate P. Moreover, the resist on Substrate P (film) does not hurt by liquid supply from the liquid feeder 1. In this case, if coating (it is a water-repellent coat when a liquid is water) which crawls a liquid 50 by predetermined width of face to the periphery of Substrate P is performed, it can prevent a liquid 50 flowing out of on Substrate P. In addition, when moving Substrate P, it cannot be overemphasized that it is made not to make a liquid 50 generate a turbulent flow as above-mentioned conditional expression (3) is filled.

[0068]

Moreover, with an above-mentioned operation gestalt, although the liquid (50) was supplied on the substrate stage PST, before Substrate P is carried in on the substrate stage PST, a liquid may be supplied on Substrate P. In this case, carrying in on the substrate stage PST and taking out from the substrate stage PST can be performed, carrying a liquid on Substrate P with surface tension, when setting to about 0.5-1.0mm thickness of the liquid supplied all over the part on Substrate P. Moreover, if **** coating of predetermined width of face is performed to the periphery of Substrate P also in this case, the holding power of the liquid on Substrate P can be heightened. Thus, the device in which supply and recovery of a liquid are performed on the substrate stage PST can be excluded by taking out the substrate P from carrying in of the substrate P to the substrate stage PST, and the substrate stage PST, holding a liquid on Substrate P.

[0069]

In addition, with the above-mentioned operation gestalt, although it is the configuration currently filled with the liquid 50 between projection optics PL and a substrate P front face, as it is shown in drawing 9, for example, you may be the configuration of filling a liquid 50 where the cover glass 65 which consists of a plane-parallel plate is attached in the front face of Substrate P. Here, the space 57 which cover glass 65 is supported on Z stage 51 through the supporter material 66, and is formed by cover glass 65, the supporter material 66, and Z stage 51 is an abbreviation closed space. And the liquid 50 and Substrate P are arranged to this space 57 interior. Cover glass 65 is constituted by the ingredient which has permeability to the exposure light EL. And when the supply and recovery of a liquid 50 by the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2 are performed and spacing is set to d for the front face of cover glass 65, and the point 7 of projection optics PL to space 56' between the front face of cover glass 65, and projection optics PL, it is set up so that the above-mentioned conditional expression (3) may be satisfied in space 56'.

[0070]

And surface treatment according to compatibility with a liquid 50 can be performed also to the front face (top face) of this cover glass 65. Since being lyophilic--ization-processed is desirable as for the front face of cover glass 65, when a liquid 50 is water, a thin film is formed in the front face of cover glass 65 by the matter of the polar large molecular structure.

[0071]

In addition, as a substrate P of each above-mentioned operation gestalt, not only the semi-conductor wafer for semiconductor device manufacture but the glass substrate for display devices, the mask used with the ceramic wafer for the thin film magnetic heads or an aligner or the original edition (synthetic quartz, silicon wafer) of a reticle, etc. is applied.

[0072]

It is applicable also to the projection aligner (stepper) of the step-and-repeat method which one-shot exposure of the pattern of Mask M is carried out [method] in the condition of having stood still Mask M and Substrate P other than the scanning aligner (scanning stepper) of step - which carries out the synchronized drive of Mask M and the substrate P, and carries out scan exposure of the pattern of Mask M as an aligner EX, and - scanning method, and carries out step migration of the substrate P one by one. Moreover, this invention can apply at least two patterns also to the aligner of step - imprinted in piles partially and - SUTITCHI method on Substrate P.

[0073]

Moreover, this invention is applicable also to the aligner of a twin stage mold. The structure of the aligner of a twin stage mold and exposure actuation are indicated by JP,10-163099,A and JP,10-214783,A (a correspondence U.S. Pat. No. 6,341,007 number, No. 6,400,441, No. 6,549,269, and No. 6,590,634), the ** table No. (correspondence U.S. Pat. No. 5,969,441 number) 505958 [2000 to], or the U.S. Pat. No. 6,208,407 number.

[0074]

As a class of aligner EX, it is not restricted to the aligner for semiconductor device manufacture which exposes a semiconductor device pattern to Substrate P, but can apply to the aligner for manufacturing an aligner, the thin film magnetic head, an image sensor (CCD), a reticle or a mask for the object for liquid crystal display component manufacture, or display manufacture, etc. widely.

[0075]

When using a linear motor for the substrate stage PST and a mask stage MST, whichever of the magnetic levitation mold using the air surfacing mold and the Lorentz force, or the reactance force which air bearing was used may be used. Moreover, the type which moves along with a guide is sufficient as each stages PST and MST, and they may be guide loess types which do not prepare a guide. The example which used the linear motor for the stage is indicated by U.S. Pat. No. 5,623,853 and 5,528,118.

[0076]

The flat-surface motor which the magnet unit which has arranged the magnet to two dimensions, and the armature unit which has arranged the coil to two dimensions are made to counter as a drive of each stages PST and MST, and drives each stages PST and MST according to electromagnetic force may be used. In this case, what is necessary is to connect either of a magnet unit and an armature unit to Stages PST and MST, and just to establish another side of a magnet unit and an armature unit in the migration side side of Stages PST and MST.

[0077]

The reaction force generated by migration of the substrate stage PST may be mechanically missed to the floor (earth) using a frame member so that it may not get across to projection optics PL. The art of this reaction force is indicated by JP,8-166475,A (U.S. Pat. No. 5,528,118) at the detail.

[0078]

The reaction force generated by migration of a mask stage MST may be mechanically missed to the floor (earth) using a frame member so that it may not get across to projection optics PL. The art of this reaction force is indicated by JP,8-330224,A (U.S. Pat. No. 5,874,820) at the detail.

[0079]

as mentioned above, the aligner EX of this application operation gestalt -- this application -- it is manufactured by assembling the various subsystems containing each component mentioned to the claim so that a predetermined mechanical precision, electric precision, and optical precision may be maintained. In order to secure these various precision, before and after this assembly, adjustment for attaining electric precision is performed about the adjustment for attaining mechanical precision about the adjustment for attaining optical precision about various optical system, and various mechanical systems, and various electric systems. Like the assembler from various subsystems to an aligner, the mechanical connections between [various] subsystems, wiring connection of an electrical circuit, piping connection of an atmospheric-pressure circuit, etc. are included. It cannot be overemphasized that it is in the front like the assembler from these various subsystems to an aligner like the assembler of each subsystem each. If it ends like the assembler to the aligner of various subsystems, comprehensive adjustment will be performed and the various precision as the whole aligner will be secured. In addition, as for manufacture of an aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0080]

As micro devices, such as a semiconductor device, are shown in drawing 10 With the aligner EX of step 201 which performs the function and engine-performance design of a micro device, step 202 which manufactures the mask (reticle) based on this design step, step 203 which manufactures the substrate which is the base material of a device, and the operation gestalt mentioned above It is manufactured through the exposure processing step 204 which exposes the pattern of a mask to a substrate, the device assembly step (a dicing process, a bonding process, and a package process are included) 205, and inspection step 206 grade. In addition, in the exposure processing step 204, in order to adjust the hydrophilic property of a substrate and a liquid before exposure, the step which performs surface treatment of a substrate is included.

[Brief Description of the Drawings]

[0081]

[Drawing 1] It is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the aligner of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the example of arrangement of a supply nozzle and a recovery nozzle.

[Drawing 3] It is drawing showing the example of arrangement of a supply nozzle and a recovery nozzle.

[Drawing 4] It is a mimetic diagram for explaining the field where surface treatment of projection optics and the substrate is carried out.

[Drawing 5] It is a mimetic diagram for explaining signs that a liquid flows between the projection optics and the substrates with which surface treatment is not performed.

[Drawing 6] It is a mimetic diagram for explaining signs that a liquid flows between the projection optics and the substrates with which surface treatment was performed.

[Drawing 7] It is drawing for explaining other operation gestalten of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing other examples of a supply nozzle.

[Drawing 9] It is drawing showing the cover glass formed on the substrate.

[Drawing 10] It is the flow chart Fig. showing an example of the production process of a semiconductor device.

[Description of Notations]

[0082]

1 [-- A liquid, 60 / -- An optical element, 65 / -- Cover glass,] -- A liquid feeder (an immersion means, supply means), 2 -- A liquid recovery system (an immersion means, recovery means), 7 -- A projection optics point, 50

AR1 -- The 1st surface field AR [-- Substrate,]2 -- The 2nd surface field, EX -- An aligner, P

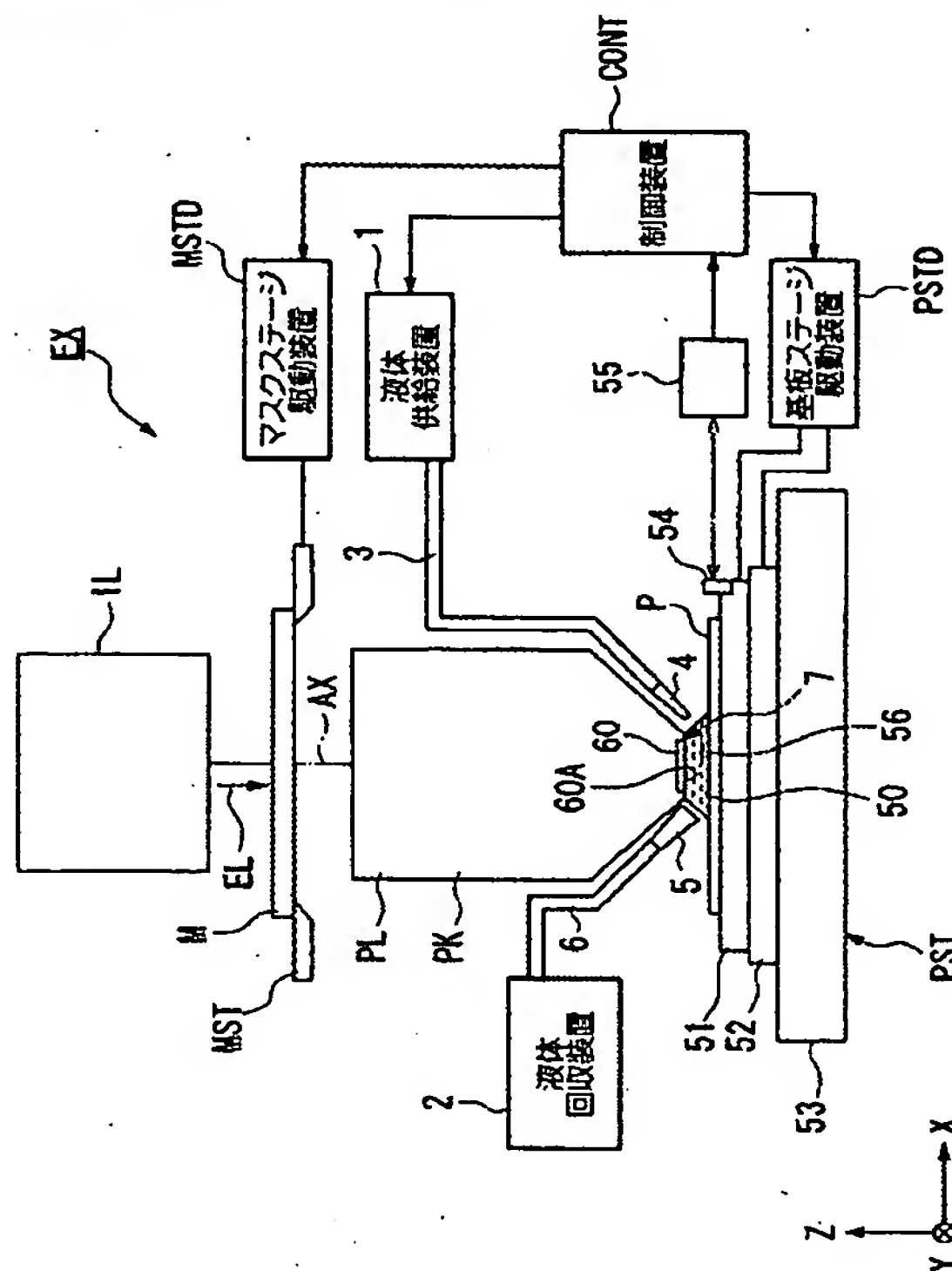
PK -- A lens-barrel (attachment component), PL -- Projection optics

[Translation done.]

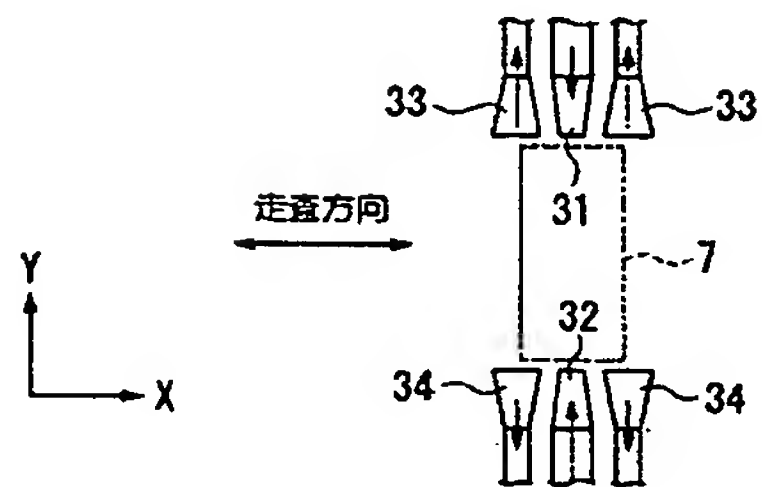
JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

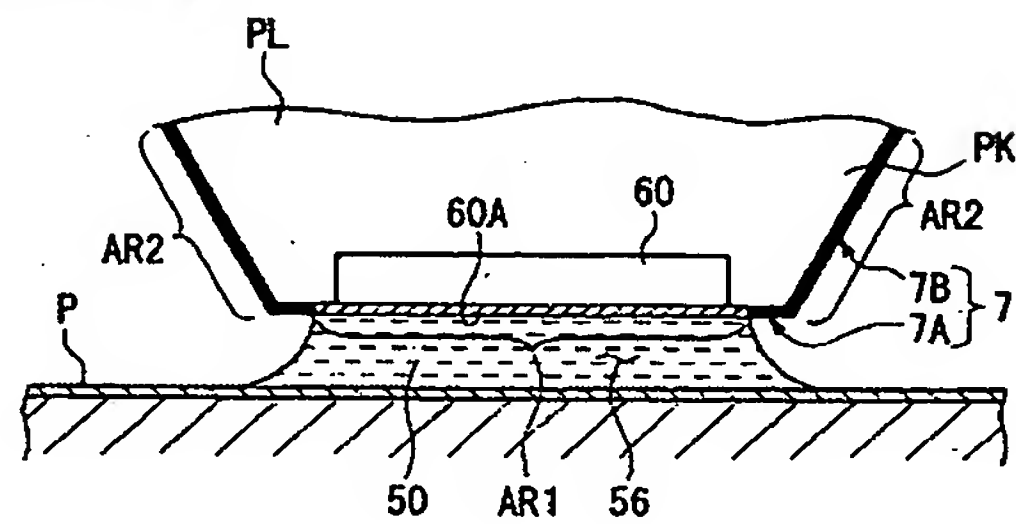
[Drawing 1]



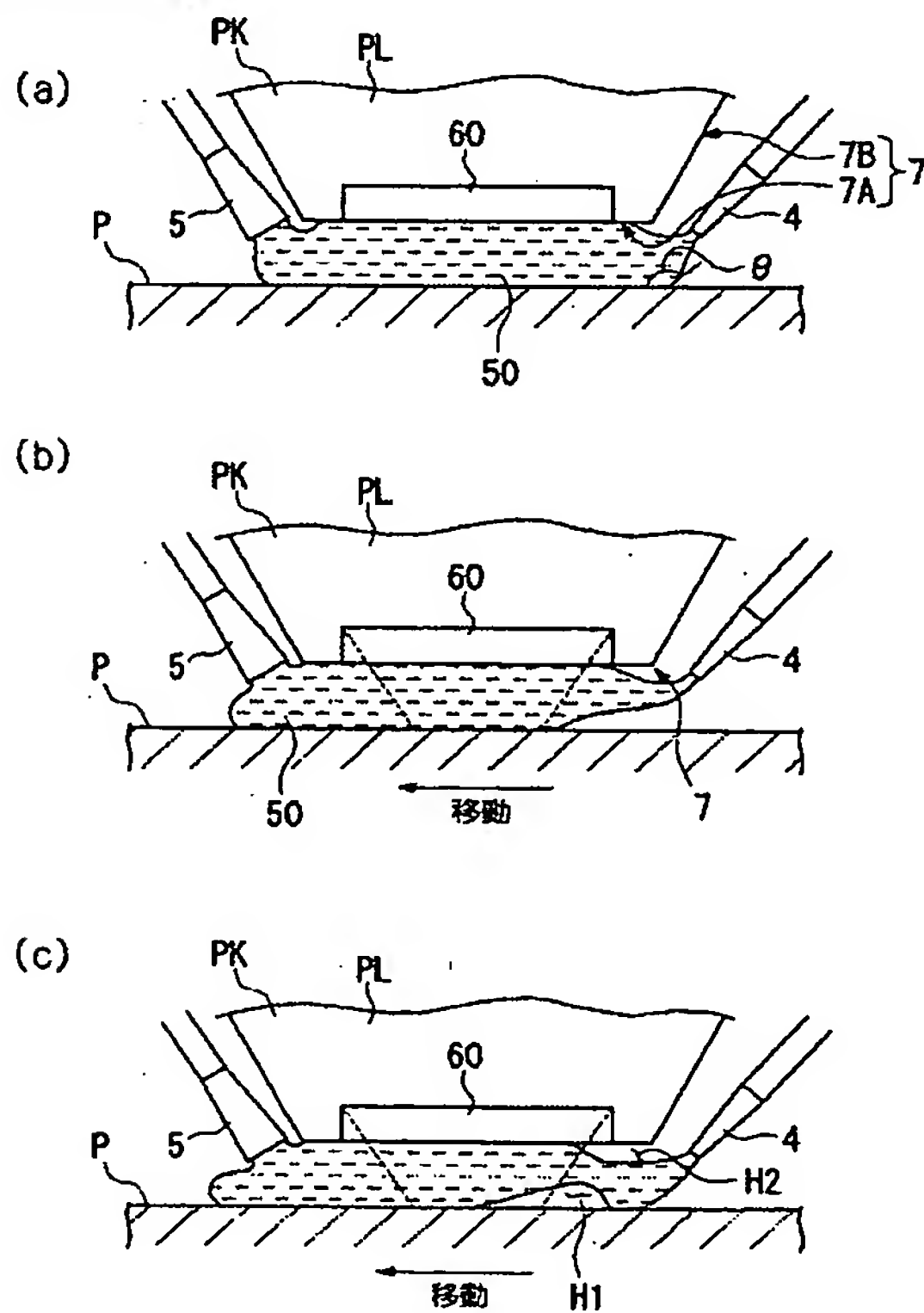
http://www4.ipdl.ncipi.go.jp/cgi-bin/tran_web_cgi_ejje



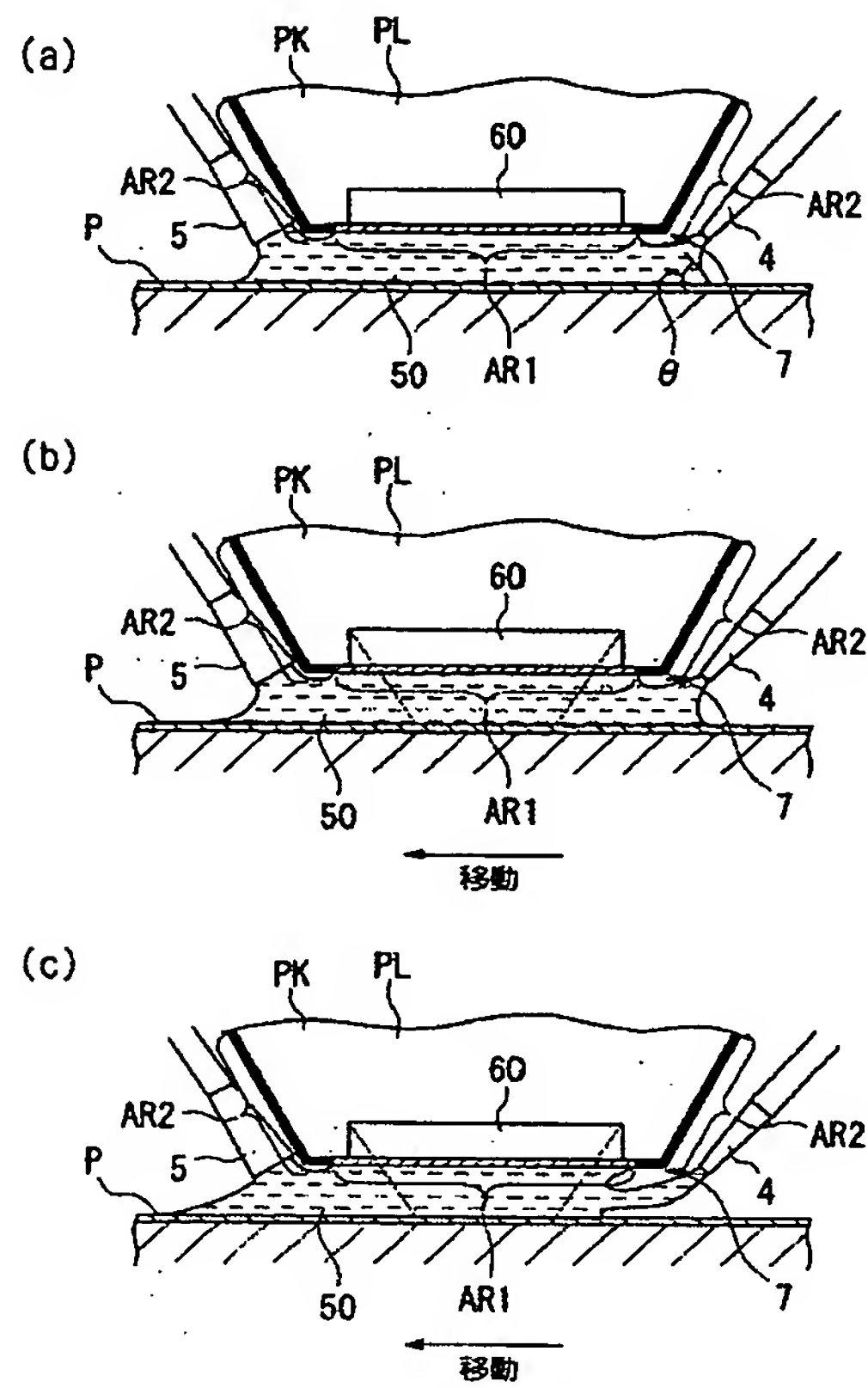
[Drawing 4]



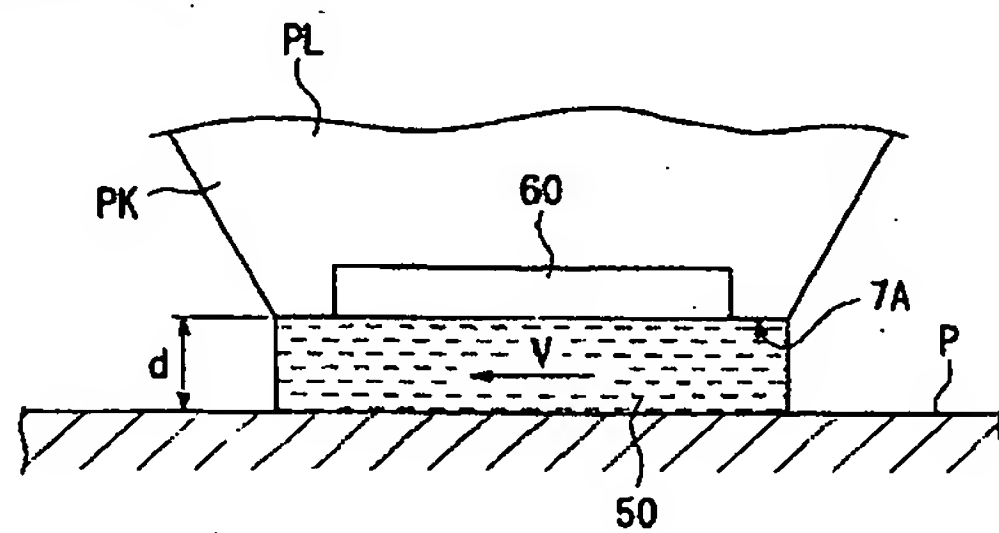
[Drawing 5]



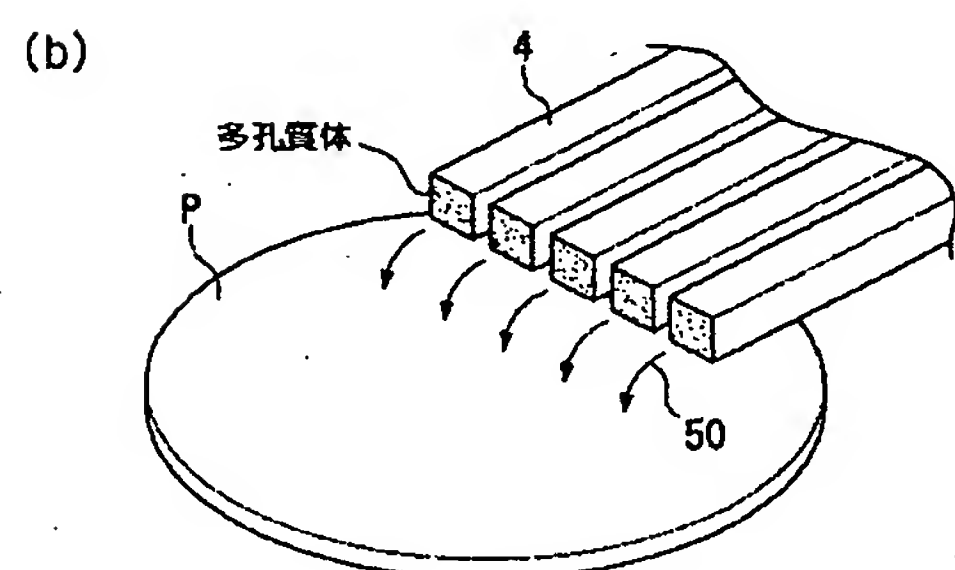
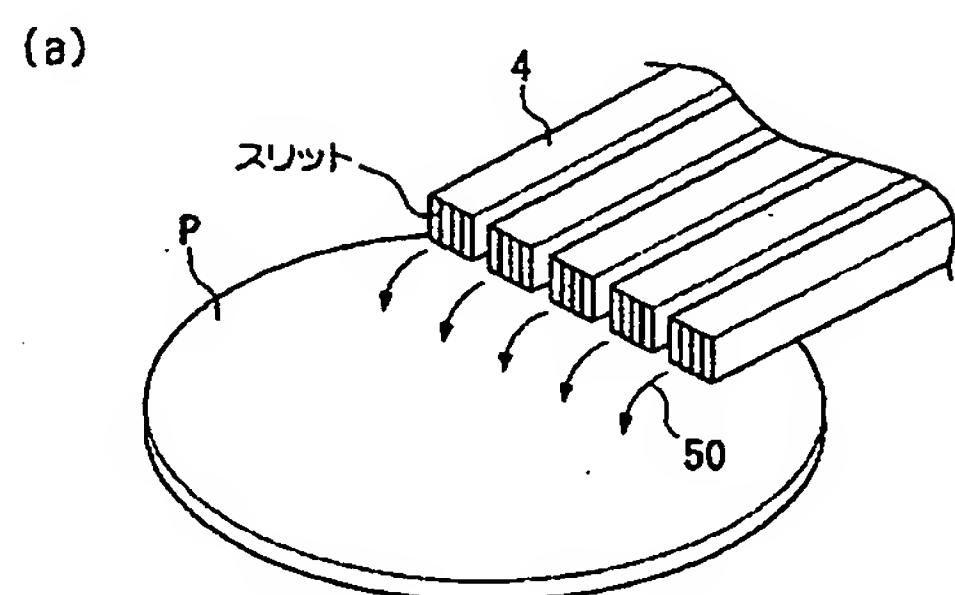
[Drawing 6]



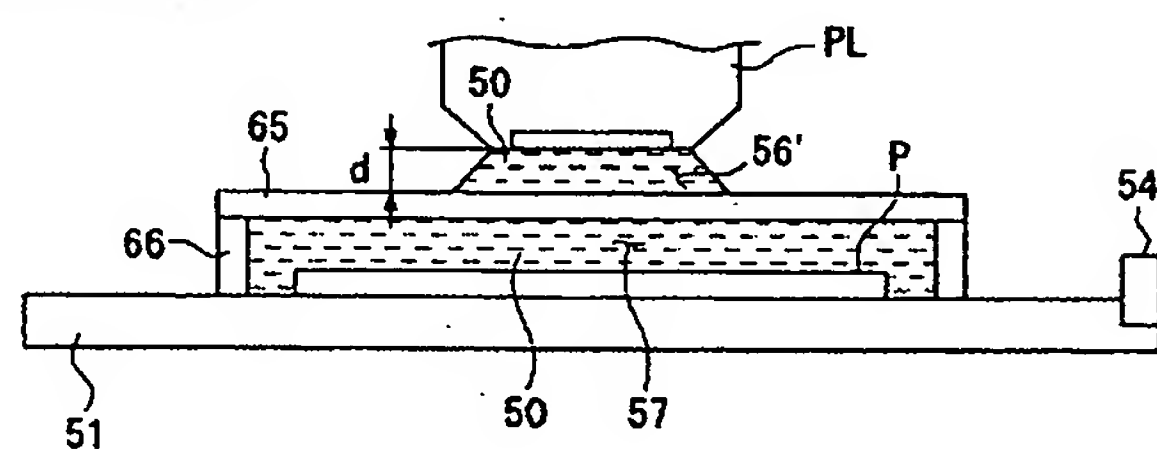
[Drawing 7]



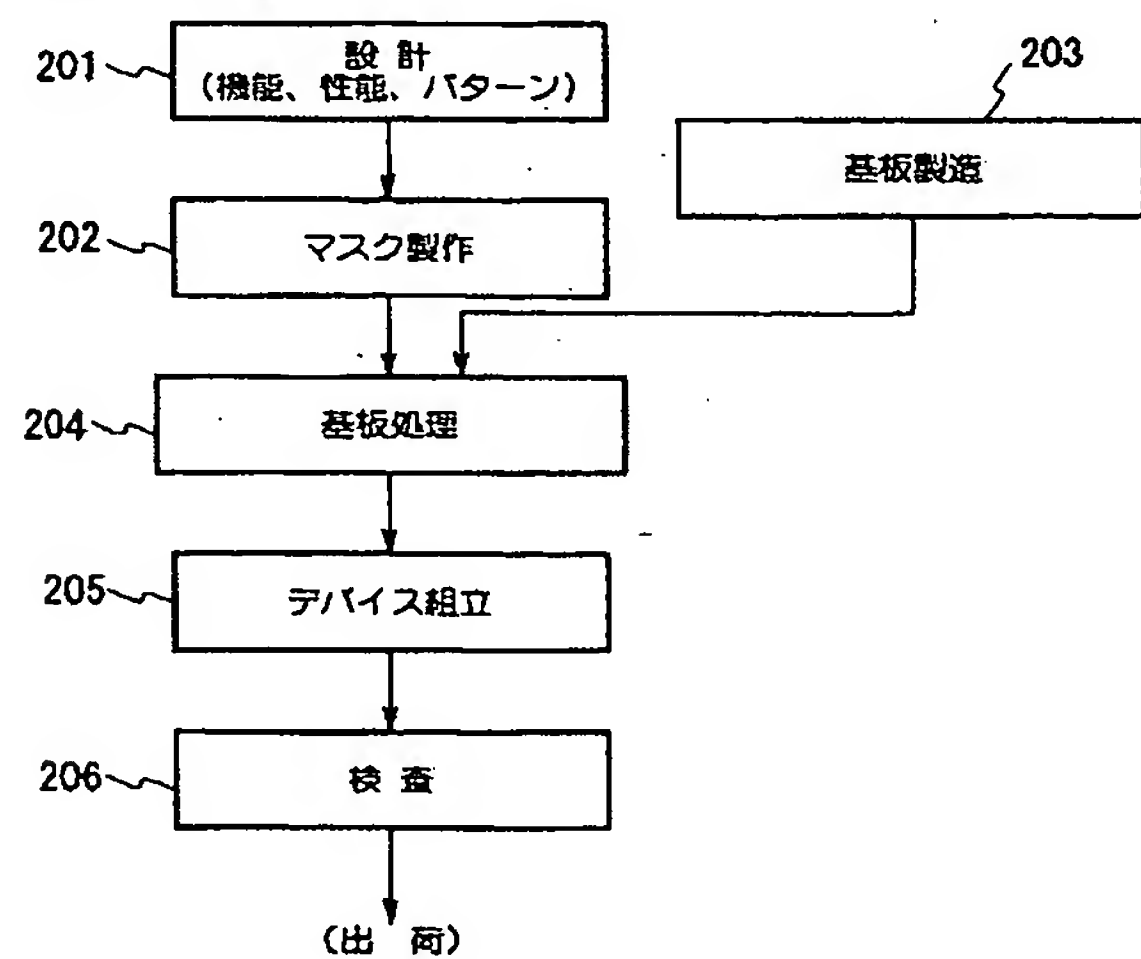
[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-207711

(43)Date of publication of application : 22.07.2004

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 2003-412585

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 10.12.2003

(72)Inventor : NAGASAKA HIROYUKI
UMAGOME NOBUTAKA

(30)Priority

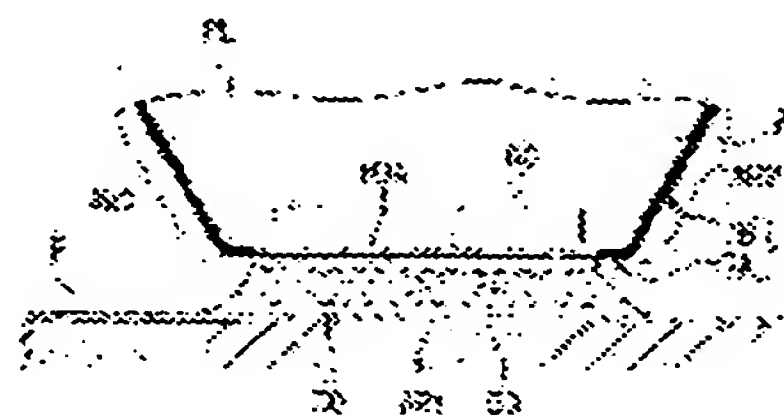
Priority number : 2002357931 Priority date : 10.12.2002 Priority country : JP

(54) EXPOSURE DEVICE, EXPOSURE METHOD, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an exposure device which transfers a pattern at a proper accuracy controlling an environmental change, even if a liquid flows out to an outside of a substrate, when an exposure processing is applied by a liquid immersion method.

SOLUTION: The exposure device exposes the substrate P by filling at least a part of space between a projection lens system PL and the substrate P with the liquid 50, and by projecting an image of the pattern on the substrate P through the projection lens system PL. An optical element 60 and a lens-barrel PK, which are parts to contact to the liquid 50 when the substrate P moves, are applied by a surface treatment to adjust an affinity to the liquid 50. A proper liquid immersion state is maintained as a bubble generation in the liquid between the projection lens system, the substrate is prevented and the liquid is kept between the projection lens system and the substrate at all times.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-207711

(P2004-207711A)

(43) 公開日 平成16年7月22日(2004.7.22)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 21/027

G03F 7/20

F1

H01L 21/30

G03F 7/20

515D

521

テーマコード (参考)

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 35 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2003-412585 (P2003-412585)
(22) 出願日 平成15年12月10日 (2003.12.10)
(31) 優先権主張番号 特願2002-357931 (P2002-357931)
(32) 優先日 平成14年12月10日 (2002.12.10)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(74) 代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
(74) 代理人 100108578
弁理士 高橋 昭男
(74) 代理人 100101465
弁理士 青山 正和
(74) 代理人 100107836
弁理士 西 和哉
(72) 発明者 長坂 博之
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

最終頁に続く

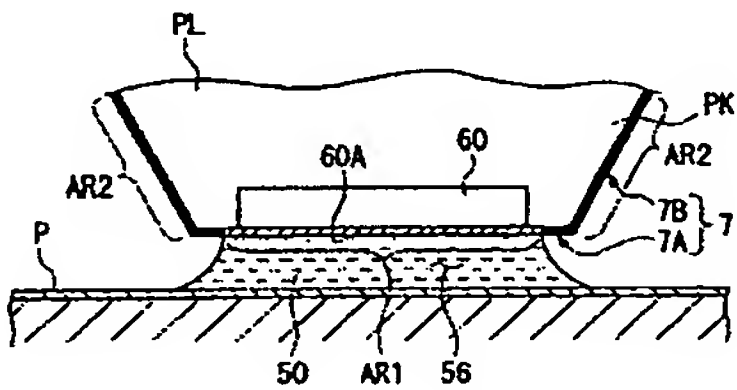
(54) 【発明の名称】 露光装置及び露光方法、デバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 液浸法で露光処理する場合において基板の外側に液体が流出しても環境変動を抑えて精度良くパターン転写できる露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置は、投影光学系PLと基板Pとの間の少なくとも一部を液体50で満たすとともに、投影光学系PLを介してパターンの像を基板P上に投影して、基板Pを露光する。基板Pを移動するとき液体50と接触する部分である光学素子60及び鏡筒PKには、液体50との親和性を調整する表面処理が施されている。投影光学系と基板の間の液体に気泡が生ずることが防止され、また、投影光学系と基板の間に液体が常に維持されるので、良好な液浸状態が形成される。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系を備え；

前記投影光学系の前記液体と接触する部分は、液体との親和性を調整するために表面処理されている露光装置。

【請求項 2】

前記基板の露光は、前記基板を走査方向に移動しながら行われる請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記表面処理は、前記液体の極性に依じて行われる請求項 1 又は 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記液体は水であって、前記液体と接触する部分には、極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することにより前記表面処理がされている請求項 3 に記載の露光装置。

【請求項 5】

前記液体はフッ素系液体であって、前記液体と接触する部分には、極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することにより前記表面処理がされている請求項 3 に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記投影光学系の液体と接触する部分は、前記投影光学系の先端の光学素子の表面と該光学素子を保持する保持部材の表面の少なくとも一部とを含み、前記光学素子表面と前記保持部材の表面の少なくとも一部とはいずれも前記液体に対する親和性が高くなるように表面処理されている請求項 1 ～ 5 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 7】

前記投影光学系の液体と接触する部分のうちの少なくとも露光光が通過する部分は、前記液体との親和性が高くなるように表面処理されている請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 8】

パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系を備え；

前記投影光学系が、その先端の光学素子表面を含む第 1 表面領域と、第 1 表面領域周辺の第 2 表面領域とを有し、

第 1 表面領域の液体に対する親和性が、第 2 表面領域の液体に対する親和性よりも高い露光装置。

【請求項 9】

前記第 1 表面領域の前記液体に対する親和性を、前記第 2 表面領域の前記液体に対する親和性よりも高いことによって、前記液体が前記第 1 表面領域内に保持される請求項 8 に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記投影光学系と前記基板との間における前記液体の厚さを d 、前記投影光学系と前記基板との間における前記液体の流れの速度を v 、前記液体の密度を ρ 、前記液体の粘性係数を μ として、条件式

$$(v \cdot d \cdot \rho) / \mu \leq 2000$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 11】

前記投影光学系と前記基板との間の少なくとも一部に、前記液体を流す液浸装置を備え、前記液体は層流として流れることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 12】

露光ビームでパターンを照明し、パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって：

10

20

30

40

50

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

前記投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たす液浸装置とを備え；

液体の厚さを d 、投影光学系と基板との間における液体の流れの速度を v 、液体の密度を ρ 、液体の粘性係数を μ として、条件式

$$(v \cdot d \cdot \rho) / \mu \leq 2000$$

が満足されている露光装置。

【請求項 13】

前記投影光学系と前記基板との間に前記液体を供給する供給装置と、前記投影光学系と前記基板との間の液体を回収する回収装置とを備え、前記供給装置による前記液体の供給量と前記回収装置による前記液体の回収量とは前記条件式を満たすように決定される請求項 12 に記載の露光装置。 10

【請求項 14】

前記基板は走査方向に移動しながら走査露光され、前記走査露光中の前記基板の移動速度は前記条件式を満たすように決定される請求項 13 に記載の露光装置。

【請求項 15】

前記基板は走査方向に移動しながら走査露光され、前記走査露光中の前記基板の移動速度は前記条件式を満たすように決定される請求項 12 に記載の露光装置。

【請求項 16】

前記液体の流れる方向は前記走査方向と平行である請求項 14 又は 15 に記載の露光装置。 20

【請求項 17】

前記投影光学系と前記基板との間は前記液体で満たされており、前記液体の厚さ d は、前記投影光学系と前記基板との間隔である請求項 12 ～ 16 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 18】

露光の際に、前記基板上にはカバーガラスが載置され、前記液体の厚さ d は、前記投影光学系と前記カバーガラスとの間隔である請求項 12 ～ 16 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 19】

露光ビームでマスクのパターンを照明し、パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって： 30

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

前記投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たすための液浸装置と；を備え、

前記液体が基板の走査方向と平行に層流となって流れる露光装置。

【請求項 20】

前記基板の露光中における前記基板の走査方向への移動速度が、前記液体が層流として流れるように決定される請求項 19 に記載の露光装置。

【請求項 21】

前記液浸装置は、前記液体を供給する供給装置と前記液体を回収する回収装置とを有する請求項 20 に記載の露光装置。 40

【請求項 22】

さらに、前記液体が層流として流れるように、供給装置による前記液体の供給量と前記回収装置による前記液体の回収量とを制御する制御装置を備える請求項 21 に記載の露光装置。

【請求項 23】

前記液浸装置が、前記液体を供給する供給装置と前記液体を回収する回収装置とを有し、さらに、露光装置は、前記液体が層流として流れるように、供給装置による前記液体の供給量と前記回収装置による前記液体の回収量とを制御する制御装置を備える請求項 19 に記載の露光装置。 50

【請求項 2 4】

前記液体は水であることを特徴とする請求項 1 2 ～ 2 3 のいずれか一項記載の露光装置

【請求項 2 5】

前記液体はフッ素系液体であることを特徴とする請求項 1 2 ～ 2 3 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 2 6】

前記液浸装置が、前記液体を供給する供給装置と前記液体を回収する回収装置とを有し、供給装置がノズルにスリットまたは多孔質体が設けられたノズルを有する請求項 1 9 に記載の露光装置。

10

【請求項 2 7】

露光ビームでパターンを照明し、パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

基板上のみに液体を供給する液浸装置と；

前記液浸装置を制御する制御装置とを備え；

該制御装置は、基板の露光中に液体の供給が停止されるように液浸装置を制御する露光装置。

【請求項 2 8】

前記基板上に供給された液体の厚さは、前記投影光学系のワーキングディスタンスより 20 も薄く、表面張力によって前記基板上に保持される請求項 2 7 に記載の露光装置。

【請求項 2 9】

請求項 1 ～ 2 8 のいずれか一項記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 3 0】

投影光学系によるパターンの像を基板上に投影して基板を露光する露光方法において：

露光前に、基板の表面を、液体との親和性を調整するために表面処理することと；

投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たすことと；

パターンの像を、液体を介して基板上に投影することを含む露光方法。

【請求項 3 1】

前記基板の露光は、前記基板を走査方向に移動しながら行われる請求項 3 0 に記載の露光方法。

30

【請求項 3 2】

前記表面処理は、前記液体の極性に応じて行われる請求項 3 0 又は 3 1 に記載の露光方法。

【請求項 3 3】

前記液体は水であって、前記液体と接触する部分には、極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成する請求項 3 2 に記載の露光方法。

【請求項 3 4】

前記液体はフッ素系液体であって、前記液体と接触する部分には、極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成する請求項 3 2 に記載の露光方法。

40

【請求項 3 5】

請求項 3 0 ～ 3 4 のいずれか一項に記載の露光方法を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たした状態で投影光学系によって投影したパターン像で露光する露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法に関するものである。

50

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度 δ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度 δ が狭くなることが分かる。

【0003】

焦点深度 δ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば国際公開第99/49504号公報に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$ (n は液体の屈折率で通常1.2～1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、投影光学系と基板との間に液体を流しながら露光する場合や、投影光学系と基板との間に液体を満たした状態で投影光学系に対して基板を移動しながら露光する場合、投影光学系や基板に対して液体が剥離する可能性があり、基板に転写されるパターン像が劣化するといった不都合が生じる。あるいは、投影光学系と基板との間で液体を流しながら露光する場合にその液体の流れに乱流が生じた場合もパターン像が劣化する。

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、投影光学系と基板との間に液体を満たして露光処理する際、液体を所望の状態に配置して精度良くパターンを転写できる露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図10に対応付けした以下の構成を採用している。

【0007】

本発明の第1の態様に従えば、パターンの像を液体(50)を介して基板(P)上に転写して基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系(PL)を備え、
前記投影光学系(PL)の前記液体(50)と接触する部分(60、PK)は、液体(50)との親和性を調整するために表面処理されている露光装置(EX)が提供される。

【 0 0 0 8 】

本発明の露光装置では、液体投影光学系の液体と接触する部分（以下、適宜、「液体接触部分」という）に、液体との親和性を調整するための表面処理が施されているので、投影光学系と基板との間に液体が所望の状態で維持される。例えば、液体接触部分の液体との親和性が低すぎる場合、前記接触する部分と液体とが剥離したり、あるいは気泡が発生するなどの液浸露光に悪影響を及ぼす現象が生じる。一方、液体接触部分の液体との親和性が高すぎる場合、液体が前記接触する部分に対して過剰に濡れ拡がって投影光学系と基板との間から流出する等の不都合が生じる場合がある。これに対して、本発明の露光装置では、投影光学系の液体接触部分の液体との親和性が調整されているために、露光中に基板が露光光に対して静止されている一括露光のみならず、露光中に基板が移動ステージにより移動される走査型露光装置であっても、液浸状態が確実に基板と投影光学系との間に維持される。

【 0 0 0 9 】

本発明の第2の態様に従えば、パターンの像を液体（50）を介して基板（P）上に転写して基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）を備え；

前記投影光学系（PL）が、その先端の光学素子（60）表面を含む第1表面領域（AR1）と、第1表面領域（AR1）周辺の第2表面領域（AR2）とを有し、第1表面領域（AR1）の液体（50）に対する親和性が、第2表面領域（AR2）の液体（50）に対する親和性よりも高い露光装置（EX）が提供される。

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、投影光学系の先端の光学素子を含む第1表面領域の液体に対する親和性を、その周辺の第2表面領域より高くすることで、第1表面領域により露光光の光路上では液体が安定して配置されるとともに、第2表面領域により液体が周囲に濡れ拡がらず外部に流出しない。したがって、露光中に基板が露光光に対して静止されている一括露光のみならず、露光中に基板が露光光に対して移動される走査型露光であっても、液体を露光光の光路上に安定して配置することができる。

【 0 0 1 1 】

本発明の第3の態様に従えば、露光ビーム（EL）でパターンを照明し、パターンの像を液体（50）を介して基板（P）上に転写して基板を露光する露光装置であって：前記パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と；投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部を液体（50）で満たす液浸装置（1、2）とを備え；液体（50）の厚さを d 、投影光学系（PL）と基板（P）の間における液体（50）の流れの速度を v 、液体（50）の密度を ρ 、液体（50）の粘性係数を μ として、条件式 $(v \cdot d \cdot \rho) / \mu \leq 2000$ が満足される露光装置（EX）が提供される。

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、上記条件式を満足するように、投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部に液体が維持される条件を設定することにより、液体に乱流が生じない。したがって、液体の乱流に起因して基板に投影されるパターン像が劣化したりするといった不都合を抑えることができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の第4の態様に従えば、露光ビーム（EL）でマスク（M）のパターンを照明し、パターンの像を液体（50）を介して基板（P）上に転写して基板を露光する露光装置であって：前記パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と；投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部を液体で満たすための液浸装置（1、2）とを備え；液体（50）が基板（P）の走査方向と平行に層流となって流れる露光装置（EX）が提供される。

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、液浸状態を種々の方法により制御することにより、露光中に液体が基板の走査方向と平行に層流となって流れるので、基板に投影されるパターン像の劣化を防

止することができる。また、液体に接する投影光学系やウエハあるいはウエハを保持する基板ステージ等に不要な振動を発生させることもない。例えば、液浸装置の液体供給（回収）量を制御したり、液浸装置の液体供給ノズルの構造を調整したり、あるいは露光時に基板を移動する場合にはその速度を調整することで、液体の流れを層流化することができる。

【0015】

本発明の第5の態様に従えば、露光ビーム（EL）でパターンを照明し、パターンの像を液体（50）を介して基板（P）上に転写して基板を露光する露光装置であって：前記パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と；基板（P）上のみに液体（50）を供給する液浸装置（1、2）と；液浸装置（1、2）を制御する制御装置（CONT）とを備え；該制御装置（CONT）は、基板（P）の露光中に液体（50）の供給が停止されるように液浸装置（1、2）を制御する露光装置（EX）が提供される。

【0016】

本発明によれば、液浸装置が基板の露光中に液体の供給を行わないように制御されることにより、基板上に塗布された感光剤を傷めることがなく、基板上に形成されるパターンの劣化を防止でき、また、投影光学系と基板との位置関係を安定して所望の状態に維持できる。

【0017】

本発明の第6の態様に従えば、投影光学系（PL）によるパターンの像を基板（P）上に投影して基板（P）を露光する露光方法において：露光前に、基板（P）の表面を、液体（50）との親和性を調整するために表面処理することと；投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部を液体（50）で満たすことと；

パターンの像を、液体（50）を介して基板（P）上に投影して基板（P）を露光することを含む露光方法が提供される。

【0018】

本発明によれば、液浸露光が行われる前に、基板の表面に、液体との親和性に応じた表面処理を施すことで、基板上に液体を液浸露光に好適な状態で維持できる。例えば、液体との親和性が低すぎる場合、基板の表面に対して液体が剥離したり、あるいは気泡が発生する等の不都合が生じる。一方、液体との親和性が高すぎる場合、液体が基板上で過剰に濡れ拡がるなどの不都合が生じる場合がある。これに対して、本発明の露光方法のように、液体との親和性を考慮して、基板表面に適当な処理を施すことにより、基板上で液体を所望の状態に保持することができ、また基板上の液体の回収及び除去を適切に行うことができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、液浸露光において、投影光学系と基板との間において、液体の剥離や気泡の発生、あるいは乱流の発生を抑え、液体を所望の状態に維持できるので、広い焦点深度の下でパターン転写を正確に行うことができる。したがって、本発明はArFなどの短波長光源を用いる露光に極めて有用であり、所望の性能を有する高集積化デバイスを製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の露光装置及びデバイス製造方法について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【0021】

図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターンの像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装

置 E X 全体の動作を統括制御する制御装置 C O N T とを備えている。

【 0 0 2 2 】

ここで、本実施形態では、露光装置 E X としてマスク M と基板 P とを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスク M に形成されたパターンを基板 P に露光する走査型露光装置（所謂スキニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系 P L の光軸 A X と一致する方向を Z 軸方向、Z 軸方向に垂直な平面内でマスク M と基板 P との同期移動方向（走査方向）を X 軸方向、Z 軸方向及び Y 軸方向に垂直な方向（非走査方向）を Y 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわり方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。 10

【 0 0 2 3 】

照明光学系 I L は、マスクステージ M S T に支持されているマスク M を露光光 E L で照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光 E L を集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光 E L によるマスク M 上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスク M 上の所定の照明領域は照明光学系 I L により均一な照度分布の露光光 E L で照明される。照明光学系 I L から射出される露光光 E L としては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g 線、h 線、i 線）及び K r F エキシマレーザ光（波長 2 4 8 n m）等の遠紫外光（D U V 光）や、A r F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 n m）及び F₂ レーザ光（波長 1 5 7 n m）等の真空紫外光（V U V 光）などが用いられる。本実施形態においては、A r F エキシマレーザ光を用いる。 20

【 0 0 2 4 】

マスクステージ M S T は、マスク M を支持するものであって、投影光学系 P L の光軸 A X に垂直な平面内、すなわち X Y 平面内で 2 次元移動可能及び θZ 方向に微小回転可能である。マスクステージ M S T はリニアモータ等のマスクステージ駆動装置 M S T D により駆動される。マスクステージ駆動装置 M S T D は制御装置 C O N T により制御される。マスクステージ M S T 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置 M S T D を駆動することでマスクステージ M S T に支持されているマスク M の位置決めを行う。 30

【 0 0 2 5 】

投影光学系 P L は、マスク M のパターンを所定の投影倍率 β で基板 P に投影露光するものであって、複数の光学素子（レンズ）で構成されており、これら光学素子は金属部材、例えばステンレス（S U S 4 0 3）で形成された鏡筒 P K で支持されている。本実施形態において、投影光学系 P L は、投影倍率 β が例えば 1 / 4 あるいは 1 / 5 の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、本実施形態の投影光学系 P L の基板 P 側の先端部 7 には、石英、フッ化カルシウム（蛍石）などのガラス部材から形成された平行平板（光学素子）6 0 が設けられている。この光学素子 6 0 は鏡筒 P K に対して着脱（交換）可能に設けられている。投影光学系 P L の先端部 7 は、光学素子 6 0 と、これを保持する鏡筒（保持部材）P K の一部により構成されている。 40

【 0 0 2 6 】

基板ステージ P S T は、基板 P を支持するものであって、基板 P を基板ホルダを介して保持する Z ステージ 5 1 と、Z ステージ 5 1 を支持する X Y ステージ 5 2 と、X Y ステージ 5 2 を支持するベース 5 3 とを備えている。基板ステージ P S T はリニアモータ等の基板ステージ駆動装置 P S T D により駆動される。基板ステージ駆動装置 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。Z ステージ 5 1 を駆動することにより、Z ステージ 5 1 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）、及び θX 、 θY 方向における位置が制御される。また、X Y ステージ 5 2 を駆動することにより、基板 P の X Y 方向における位置（投影光学系 P L の像面と実質的に平行な方向の位置）が制御される 50

。すなわち、Zステージ51は、基板Pのフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板Pの表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系PLの像面に合わせ込み、XYステージ52は基板PのX軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。なお、ZステージとXYステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

【0027】

基板ステージPST（Zステージ51）上には、基板ステージPSTとともに投影光学系PLに対して移動する移動鏡54が設けられている。また、移動鏡54に対向する位置にはレーザ干渉計55が設けられている。基板ステージPST上の基板Pの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計55によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計55の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置PSTDを駆動することで基板ステージPSTに支持されている基板Pの位置決めを行う。

10

【0028】

本実施形態では、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに、焦点深度を実質的に広くするために、液浸法を適用する。そのため、少なくともマスクMのパターンの像を基板P上に転写している間は、基板Pの表面と投影光学系PLの先端部7との間に所定の液体50が満たされる。上述したように、投影光学系PLの先端部7には光学素子60及び鏡筒PKの一部が配置されており、液体50は光学素子（ガラス部材）60と、鏡筒（金属部材）PKとに接触する。本実施形態において、液体50には純水が用いられる。純水は、ArFエキシマレーザ光のみならず、露光光ELを例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）とした場合、この露光光ELを透過可能である。

20

【0029】

露光装置EXは、投影光学系PLの先端部7と基板Pとの間の空間56に所定の液体50を供給する液体供給装置（液浸装置、供給装置）1と、空間56の液体50を回収する液体回収装置（液浸装置、回収装置）2とを備えている。液体供給装置1は、投影光学系PLと基板Pとの間の少なくとも一部に、基板Pの走査方向と平行に液体50を流すものであって、液体50を収容するタンク、加圧ポンプなどを備えている。液体供給装置1には供給管3の一端部が接続され、供給管3の他端部には供給ノズル4が接続されている。液体供給装置1は供給管3及び供給ノズル4を介して空間56に液体50を供給する。

30

【0030】

液体回収装置2は、吸引ポンプ、回収した液体50を収容するタンクなどを備えている。液体回収装置2には回収管6の一端部が接続され、回収管6の他端部には回収ノズル5が接続されている。液体回収装置2は回収ノズル5及び回収管6を介して空間56の液体50を回収する。空間56に液体50を満たす際、制御装置CONTは液体供給装置1を駆動し、供給管3及び供給ノズル4を介して空間56に対して単位時間当たり所定量の液体50を供給するとともに、液体回収装置2を駆動し、回収ノズル5及び回収管6を介して単位時間当たり所定量の液体50を空間56より回収する。これにより、投影光学系PLの先端部7と基板Pとの間の空間56に液体50が配置される。

【0031】

走査露光時には、先端部60Aの直下の矩形の投影領域にマスクMの一部のパターン像が投影され、投影光学系PLに対して、マスクMが-X方向（又は+X方向）に速度Vで移動するのに同期して、XYステージ52を介して基板Pが+X方向（又は-X方向）に速度 $\beta \cdot V$ （ β は投影倍率）で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、基板Pのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板Pの移動方向と平行に基板の移動方向と同一方向に液体50を流すように設定されている。

40

【0032】

図2は、投影光学系PLの先端部7と、液体50をX軸方向に供給する供給ノズル4（

50

4 A ~ 4 C) と、液体 5 0 を回収する回収ノズル 5 (5 A、5 B) との位置関係を示す図である。図 2 において、先端部 7 (光学素子 6 0 の先端面 6 0 A) の形状は Y 軸方向に細長い矩形状となっており、投影光学系 P L の先端部 7 を X 軸方向に挟むように、+ X 方向側に 3 つの供給ノズル 4 A ~ 4 C が配置され、- X 方向側に 2 つの回収ノズル 5 A、5 B が配置されている。そして、供給ノズル 4 A ~ 4 C は供給管 3 を介して液体供給装置 1 に接続され、回収ノズル 5 A、5 B は回収管 4 を介して液体回収装置 2 に接続されている。また、供給ノズル 4 A ~ 4 C と回収ノズル 5 A、5 B とを先端部 7 の中心に対して略 1 8 0 ° 回転した配置に、供給ノズル 8 A ~ 8 C と、回収ノズル 9 A、9 B とが配置されている。供給ノズル 4 A ~ 4 C と回収ノズル 9 A、9 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 8 A ~ 8 C と回収ノズル 5 A、5 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 8 A ~ 8 C は供給管 1 0 を介して液体供給装置 1 に接続され、回収ノズル 9 A、9 B は回収管 1 1 を介して液体回収装置 2 に接続されている。ノズルからの液体の供給は、投影光学系 P L と基板 P との間に気体部分が生じないように行う必要がある。

【 0 0 3 3 】

また、図 3 に示すように、先端部 7 を挟んで Y 軸方向両側のそれぞれに供給ノズル 3 1、3 2 及び回収ノズル 3 3、3 4 を設けることもできる。この供給ノズル及び回収ノズルにより、ステップ移動する際の基板 P の非走査方向 (Y 軸方向) への移動時においても、投影光学系 P L と基板 P との間に液体 5 0 を安定して供給することができる。

【 0 0 3 4 】

なお、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば先端部 7 の長辺について 2 対のノズルで液体 5 0 の供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、+ X 方向、又は - X 方向のどちらの方向からも液体 5 0 の供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

【 0 0 3 5 】

図 4 は、投影光学系 P L の先端部 7 近傍の拡大図である。図 4 において、投影光学系 P L の先端部 7 には、液体 5 0 との親和性に応じた表面処理が施されている。先端部 7 は、走査露光するために基板 P を走査方向 (X 軸方向) に移動するとき液体 5 0 と接触する部分であって、光学素子 6 0 の下面 6 0 A 及び鏡筒 P K 下面の一部を含む投影光学系 P L の下面 7 A、及びこの下面 7 A に接続する鏡筒 P K の一部の側面 7 B を含む。本実施形態において、液体 5 0 は水であるため、先端部 7 には水との親和性に応じた表面処理が施されている。

【 0 0 3 6 】

投影光学系 P L の先端部 7 において、光学素子 6 0 の表面 (下面) 6 0 A 及び鏡筒 P K の下面の一部の領域を含む第 1 表面領域 A R 1 と、この第 1 表面領域 A R 1 周辺であって鏡筒 P K の下面の残りの領域及び鏡筒 P K の側面を含む第 2 表面領域 A R 2 とは、互いに異なる表面処理が施されている。具体的には、第 1 表面領域 A R 1 の液体 (水) 5 0 に対する親和性が、第 2 表面領域 A R 2 の液体 (水) 5 0 に対する親和性より高くなるように、第 1、第 2 表面領域 A R 1、A R 2 のそれぞれに対して表面処理が施されている。ここでは、光学素子 6 0 を含む第 1 表面領域 A R 1 に対しては親液性を付与する親液化処理 (親水化処理)、第 2 表面領域 A R 2 に対しては撥液性を付与する撥液化処理 (撥水化処理) が施されている。親液化処理とは液体に対する親和性を高くする処理であり、撥液化処理とは液体に対する親和性を低くする処理である。

【 0 0 3 7 】

表面処理は液体 5 0 の極性に依拠して行われる。本実施形態において、液体 5 0 は極性の大きい水であるため、光学素子 6 0 を含む第 1 表面領域 A R 1 に対する親水化処理として、例えばアルコールなど極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することで、この第 1 表面領域 A R 1 に対して親水性を付与する。あるいは、第 1 表面領域 A R 1 の光学素子 6 0 の下面 6 0 A 及び鏡筒 P K に対して、例えば処理ガスとして酸素 (O₂) を用いてプラズマ処理する O₂ プラズマ処理を施すことによって表面に極性の強い O 分子が多く集まるため親水性を付与することができる。このように、液体 5 0 として水を用いる場合には第

1 表面領域 A R 1 に O H 基など極性の大きい分子構造を持ったものを表面に配置させる処理が望ましい。また、第 1 表面領域 A R 1 は、ガラス部材である光学素子 6 0 と金属部材である鏡筒 P K とを含んでいるため、親水化処理する場合、ガラス部材と金属部材とのそれぞれに異なる物質で薄膜を形成するなど、異なる表面処理を行うことができる。もちろん、第 1 表面領域 A R 1 のガラス部材及び金属部材のそれぞれに対して同じ表面処理を施してもよい。また、薄膜を形成する場合には、塗布や蒸着などの手法を用いることができる。

【 0 0 3 8 】

一方、鏡筒 P K 表面を含む第 2 表面領域 A R 2 に対しては撥水化処理が施される。第 2 表面領域 A R 2 に対する撥水化処理として、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで、この第 2 表面領域 A R 2 に対して撥水性を付与する。あるいは、処理ガスとして四フッ化炭素 (C F ₄) を用いてプラズマ処理する C F ₄ プラズマ処理を施すことによって撥水性を付与することができる。第 2 表面領域 A R 2 に対して薄膜を形成する場合においても、塗布や蒸着などの手法を用いることができる。

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態では、基板 P の表面にも、液体 5 0 との親和性に合わせて表面処理が施されている。ここでは、基板 P の表面に対して親水化処理が施されている。基板 P に対する親水化処理としては、上述したような例えばアルコールなど極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することで基板 P の表面に対して親液性を付与する。なお、基板 P の表面をアルコールなどを塗布して表面処理した場合には、露光後であって次の感光材料の塗布の前工程、例えば、ディベロッパ／コーターに基板を搬送する前に、塗膜を洗浄するための洗浄工程を設けることが望ましい。

【 0 0 4 0 】

そして、第 1 表面領域 A R 1 の液体 5 0 に対する親和性を、第 2 表面領域 A R 2 の液体 5 0 に対する親和性よりも高くすることによって、液体 5 0 が第 1 表面領域 A R 1 内で安定して保持される。

【 0 0 4 1 】

ここで、表面処理のための薄膜は、液体 5 0 に対して非溶解性の材料により形成される。また、光学素子 6 0 に形成される薄膜は、露光光 E L の光路上に配置されるものであるため、露光光 E L に対して透過性を有する材料で形成され、その膜厚も露光光 E L を透過可能な程度に設定される。

【 0 0 4 2 】

次に、上述した露光装置 E X を用いてマスク M のパターンを基板 P に露光する際の作用について説明する。

【 0 0 4 3 】

マスク M がマスクステージ M S T にロードされるとともに、基板 P が基板ステージ P S T にロードされたら、制御装置 C O N T は液体供給装置 1 を駆動し、空間 5 6 に対する液体供給動作を開始する。液体供給装置 1 は空間 5 6 に対して基板 P の移動方向に沿って液体 5 0 を供給する。例えば、矢印 X a (図 2 参照) で示す走査方向 (- X 方向) に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 3、供給ノズル 4 A ~ 4 C、回収管 4、及び回収ノズル 5 A、5 B を用いて、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により液体 5 0 の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が - X 方向に移動する際には、供給管 3 及び供給ノズル 4 (4 A ~ 4 C) を介して液体供給装置 1 から液体 5 0 が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 5 (5 A、5 B)、及び回収管 6 を介して液体 5 0 が液体回収装置 2 に回収され、レンズ 6 0 と基板 P との間を満たすように - X 方向に液体 5 0 が流れる。一方、矢印 X b で示す走査方向 (+ X 方向) に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 1 0、供給ノズル 8 A ~ 8 C、回収管 1 1、及び回収ノズル 9 A、9 B を用いて、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により液体 5 0 の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が + X 方向に移動する際には、供給管 1 0 及び供給ノズル 8 (8 A ~ 8 C) を介して液体供給装置 1 から液体 5 0 が投影光学系 P L と基板 P

との間に供給されるとともに、回収ノズル 9 (9 A、9 B)、及び回収管 11 を介して液体 50 が液体回収装置 2 に回収され、レンズ 60 と基板 P との間を満たすように + X 方向に液体 50 が流れる。このように、制御装置 CONT は、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を用いて基板 P の移動方向に沿って液体 50 を流す。この場合、例えば液体供給装置 1 から供給ノズル 4 を介して供給される液体 50 は基板 P の - X 方向への移動に伴って空間 56 に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装置 1 の供給エネルギーが小さくても液体 50 を空間 56 に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体 50 を流す方向を切り替えることにより、+ X 方向、又は - X 方向のどちらの方向に基板 P を走査する場合にも、レンズ 60 の先端面 7 と基板 P との間を液体 50 で満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

10

【 0 0 4 4 】

このとき、投影光学系 PL や基板 P に表面処理が施されていない場合について考える。図 5 は表面処理が施されていない状態での液体 50 の流れを示す模式図である。ここでは、投影光学系 PL 表面や基板 P 表面は液体 50 に対して親和性が低いものとする。

【 0 0 4 5 】

図 5 (a) は基板ステージ PST が停止している状態を示す図である。液体 50 は供給ノズル 4 より供給され、回収ノズル 5 より回収される。このとき、液体 50 と基板 P とは親和性が低いため、接触角 θ は大きい。図 5 (b) は基板 P が基板ステージ PST により X 軸方向に移動を開始した状態を示す図である。液体 50 は移動する基板 P に引っ張られるようにして変形する。液体 50 と基板 P とは親和性が低いため、液体 50 は基板 P の表面から離れやすい。図 5 (c) は基板ステージ PST 上の基板 P の移動速度が更に上昇した状態を示す図である。基板 P と液体 50 との間に剥離領域 (気泡) H1 が形成され、しかも光学素子 60 と液体 50 との間にも剥離領域 H2 が形成される。この剥離領域 H1、H2 が露光光 EL の光路上に形成されると、マスク M のパターンが基板 P に正確に転写されない。

20

【 0 0 4 6 】

図 6 は、図 4 を用いて説明したように投影光学系 P の先端部 7 及び基板 P 表面が表面処理されている状態での液体 50 の流れを示す模式図である。

【 0 0 4 7 】

図 6 (a) は基板ステージ PST が停止している状態を示す図である。表面処理を施して液体 50 と基板 P との親和性を高めたので、接触角 θ は小さい。図 6 (b) は基板 P が基板ステージ PST により X 軸方向に移動を開始した状態を示す図である。液体 50 と基板 P との親和性は高いので、基板 P が移動しても液体 50 は基板 P に過剰に引っ張られない。また、投影光学系 PL の第 1 表面領域 AR1 の液体 50 に対する親和性も高いので、第 1 表面領域 AR1 と液体 50 とは剥離しない。このとき、第 1 表面領域 AR1 の周辺は、液体 50 に対する親和性が低い第 2 表面領域 AR2 で囲まれているので、空間 56 の液体 50 は外部に流出することなく、空間 56 に安定して配置されている。図 6 (c) は基板ステージ PST 上の基板 P の移動速度が更に上昇した状態を示す図である。基板 P の移動速度を上昇しても、投影光学系 PL 及び基板 P に対して表面処理が施されているので、液体 50 と投影光学系 PL 及び基板 P との間で剥離は生じない。

40

【 0 0 4 8 】

以上説明したように、液浸法に基づく露光処理において、液体 50 と接触する部分である投影光学系 PL の先端部 7 や基板 P の表面に、液体 50 との親和性に応じた表面処理を施すことで、液体 50 の剥離や気泡の発生等といった不都合の発生を抑え、投影光学系 PL と基板 P との間に液体 50 を安定して配置できる。したがって、良好なパターン転写精度を維持できる。

【 0 0 4 9 】

なお、液体 50 との親和性に応じた表面処理は、投影光学系 PL の先端部 7 と基板 P 表面のどちらから一方だけに施すようにしてもよい。

また、上記実施形態において、光学素子 60 の表面 60 A 及び鏡筒 (保持部材) PK の

50

下面一部を第1表面領域AR1とし、この第1表面領域AR1に対して液体50に対する親和性が高くなるように表面処理が施されるように説明した。すなわち、親液化処理領域と撥液化処理領域との境界が鏡筒PK下面にあるように説明したが、この境界は光学素子60表面に設定されていてもよい。すなわち、光学素子60の一部の領域（少なくとも露光光が通過する領域）に親液化処理が施され、残りの領域に撥液化処理が施されるといった構成でもよい。もちろん、親液化処理領域と撥液化処理領域との境界を、光学素子60と鏡筒PKとの境界に一致させてもよい。すなわち、親液化処理を光学素子60のみに対して行う構成でもよい。更には、上記境界は投影光学系PLの下面7Aに設定することに限らず、投影光学系PLの下面7A全部を親液化処理してもよい。

【0050】

10

更に、表面処理を行う際、親液性（撥液性）に分布を持たせることも可能である。換言すれば、表面処理する面上の複数の領域についての液体の接触角がそれぞれ異なる値となるように表面処理を行うことができる。あるいは、親液化領域と撥液化領域とを適宜分割して配置するようにしてもよい。

【0051】

また、表面処理のための薄膜は単層膜であってもよいし複数の層からなる膜であってもよい。また、その形成材料も、金属、金属化合物、及び有機物など、所望の性能を発揮できる材料であれば任意の材料を用いることができる。

【0052】

また、光学素子60や基板Pの表面処理には薄膜形成やプラズマ処理等が有効であるが、金属部材である鏡筒PKの表面処理に関しては、例えばこの鏡筒PKの表面を粗面処理するなど物理的手法で液体に対する親和性を調整できる。

20

【0053】

なお、上述の実施形態においては、投影光学系PLと基板Pとの間における液体の安定した保持を重視して基板P表面を親液化（親液処理）しているが、基板P表面からの液体の回収や除去を重視する場合には、基板P表面を撥液化（撥液処理）してもよい。

また上述の実施形態においては、液体50との親和性に応じた表面処理を、投影光学系PLの先端部7および基板Pの表面に施すようにしているが、投影光学系PLの先端部7と基板P表面の少なくとも一方との親和性に応じた液体を液体供給装置1から供給するようにしてもよい。

30

【0054】

上述したように、本実施形態における液体50は純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板P上のフォトリソグラフや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板Pの表面、及び投影光学系PLの先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

【0055】

そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水（水）の屈折率nはほぼ1.44～1.47程度と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）を用いた場合、基板P上では1/n、すなわち131～134nm程度に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約n倍、すなわち1.44～1.47倍程度に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

40

【0056】

本実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子60として平行平板が取り付けられているが、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレートであってもよい。一方、液体50と接触する光学素子を、レンズより安価な平行平板とすることにより、露光装置EXの運搬、組立、調整時等において投影光学系PL

50

の透過率、基板 P 上での露光光 E L の照度、及び照度分布の均一性を低下させる物質（例えばシリコン系有機物等）がその平行平面板に付着しても、液体 5 0 を供給する直前にその平行平面板を交換するだけでよく、液体 5 0 と接触する光学素子をレンズとする場合に比べてその交換コストが低くなるという利点がある。すなわち、露光光 E L の照射によりレジストから発生する飛散粒子、または液体 5 0 中の不純物の付着などに起因して液体 5 0 に接触する光学素子の表面が汚れるため、その光学素子を定期的に交換する必要があるが、この光学素子を安価な平行平面板とすることにより、レンズに比べて交換部品のコストが低く、且つ交換に要する時間を短くすることができ、メンテナンスコスト（ランニングコスト）の上昇やスループットの低下を抑えることができる。

【 0 0 5 7 】

10

また、液体 5 0 の流れによって生じる投影光学系 P L の先端の光学素子と基板 P との間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

【 0 0 5 8 】

なお、本実施形態の液体 5 0 は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光 E L の光源が F₂ レーザである場合、この F₂ レーザ光は水を透過しないので、液体 5 0 としては F₂ レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイル（フッ素系の液体）や過フッ化ポリエーテル（P F P E）であってもよい。この場合、投影光学系 P L の液体 5 0 と接触する部分や基板 P 表面には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化处理する。また、液体 5 0 としては、その他にも、露光光 E L に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系 P L や基板 P 表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。この場合も表面処理は用いる液体 5 0 の極性に応じて行われる。

20

【 0 0 5 9 】

次に、本発明の第 2 実施形態について図 7 を参照しながら説明する。

【 0 0 6 0 】

本実施形態の露光装置 E X では、投影光学系 P L の下面 7 A と基板 P 表面との間における液体 5 0 の厚さ（ここでは、投影光学系 P L と基板 P との間隔）を d、投影光学系 P L と基板 P との間における液体 5 0 の流れの速度を v、液体 5 0 の密度を ρ、液体 5 0 の粘性係数を μ とした場合、条件式

30

$$(v \cdot d \cdot \rho) / \mu \leq 2000 \quad \dots (3)$$

を満足するように設定されている。これにより、空間 5 6 において液体 5 0 は層流となって流れる。なお、液体 5 0 中においては、その液体中の位置に応じて異なる複数の流れの速度 v が存在することも考えられるが、その最大速度 V_{max} が上記 (3) 式を満たせばよい。

【 0 0 6 1 】

上記条件式 (3) を満足するように、制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 による空間 5 6 に対する液体の単位時間当たりの供給量と、液体回収装置 2 による空間 5 6 の液体の単位時間当たりの回収量とのうち少なくともいずれか一方を調整する。これにより、空間 5 6 を流れる液体 5 0 の速度 v が決定され、条件式 (3) を満足することができる。条件式 (3) を満足することで液体 5 0 は空間 5 6 を層流となって流れる。

40

【 0 0 6 2 】

あるいは、制御装置 C O N T は、基板ステージ P S T を介して基板 P の走査方向への移動速度を調整することによっても、条件式 (3) を満足することができる。すなわち、空間 5 6 を流れる液体 5 0 の速度 v は基板 P の移動速度で決定されることもある。すなわち、基板 P 上の液体 5 0 が基板 P の移動によって基板 P に引きずられるようにして流れる可能性もある。その場合は、基板 P の移動速度を調整することで条件式 (3) を満足することができる。例えば、基板 P と液体 5 0 とがほぼ同じ速度で投影光学系 P L に対して流れる場合には、基板 P の移動速度を液体 5 0 の速度 v とし、条件式 (3) を満足するようにすればよい。この場合においても、液体 5 0 は空間 5 6 を層流となって流れる。またそ

50

の場合には、基板 P の露光中に、必ずしも液体供給装置 1 および液体回収装置 2 を動作させる必要がなく、基板 P の移動速度の調整のみで液体 50 の流れを層流化することができる。

【 0 0 6 3 】

なお、上記条件式 (3) を満足させるために、液体 50 の厚さ (すなわち投影光学系 P L と基板 P との間の距離) d を露光装置の設計値として予め設定し、これに基づいて速度 v を決定してもよいし、速度 v を設計値として予め設定し、これに基づいて厚さ (距離) d を決定するようにしてもよい。

【 0 0 6 4 】

また、空間 56 において液体 50 が層流となって流れるようにするために、例えば図 8 (a) に示すように、液体供給装置 1 に接続する供給ノズル 4 の開口部にスリットを設けたり、図 8 (b) に示すように、供給ノズル 4 の開口部に多孔質体を設けることで液体 50 を整流し層流状態で流すことができる。

【 0 0 6 5 】

そして、液体 50 が層流となって流れることにより、圧力の変動による屈折率変化や振動といった不都合が抑制され、良好なパターン転写精度を維持できる。更に、投影光学系 P L のうち液体 50 と接触する部分や基板 P 表面に表面処理を施すとともに、露光装置 E X を上記条件式 (3) を満足するように設定して露光処理することで、空間 56 の液体 50 はパターン転写精度に影響を与えないより一層良好な状態に設定される。

【 0 0 6 6 】

上述の実施形態においては、投影光学系 P L と基板 P との間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、ステージ上に所定深さの液体槽を形成しその中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置の構造及び露光動作については、例えば特開平 6 - 1 2 4 8 7 3 号公報に、ステージ上に所定深さの液体槽を形成しその中に基板を保持する液浸露光装置の構造及び露光動作については、例えば特開平 1 0 - 3 0 3 1 1 4 号公報や米国特許第 5 , 8 2 5 , 0 4 3 号にそれぞれ開示されている。

【 0 0 6 7 】

なお、上記実施形態においては、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により前記基板 P の露光中にも液体 50 の供給及び回収を継続していたが、基板 P の露光中は液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 による液体 50 の供給及び回収を停止するようにしてもよい。すなわち、基板 P の露光開始前に、投影光学系 P L の先端部 7 と基板 P との間に、投影光学系 P L のワーキングディスタンス以下 (0 . 5 ~ 1 . 0 m m 程度) の厚さの液浸部分ができる程度に、あるいは、基板 P の全面に薄い液膜ができる程度に、少量の液体 50 を液体供給装置 1 により基板 P 上に供給し、その液体 50 を介して投影光学系 P L の先端部 7 と基板 P とを密着する。投影光学系 P L の先端部 7 と基板 P との間隔が数 m m 以下なので、基板 P の露光中に、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 による液体の供給及び回収を行わずに基板 P を移動しても、液体 50 の表面張力により投影光学系 P L と基板 P との間に液体を 50 を保持し続けることができる。また、液体供給装置 1 からの液体供給によって基板 P 上のレジスト (感光膜) が傷むこともない。この場合、基板 P の周縁に所定幅で液体 50 をはじくコーティング (液体が水の場合は撥水コート) を施しておくこと、基板 P 上から液体 50 が流出するのを防ぐことができる。なお、基板 P を移動する場合には、上述の条件式 (3) を満たすようにして液体 50 に乱流を発生させないようにすることは言うまでもない。

【 0 0 6 8 】

また、上述の実施形態では、基板ステージ P S T 上で液体 (50) の供給を行ったが、基板ステージ P S T 上に基板 P が搬入される前に基板 P 上に液体を供給してもよい。この場合、基板 P 上の一部もしくは全面に供給される液体の厚さを 0 . 5 ~ 1 . 0 m m 程度にすれば表面張力によって液体を基板 P 上に載せたまま基板ステージ P S T への搬入、基板

ステージ P S T からの搬出を行うことができる。またこの場合も、基板 P の周縁に所定幅の撥液コーティングを施しておけば、基板 P 上での液体の保持力を高めることができる。このように、基板 P 上に液体を保持したまま、基板ステージ P S T への基板 P の搬入及び基板ステージ P S T からの基板 P の搬出を行うことによって、基板ステージ P S T 上で液体の供給及び回収を行う機構を省くことができる。

【 0 0 6 9 】

なお、上記実施形態では、投影光学系 P L と基板 P 表面との間は液体 5 0 で満たされている構成であるが、例えば、図 9 に示すように、基板 P の表面に平行平板からなるカバーガラス 6 5 を取り付けられた状態で液体 5 0 を満たす構成であってもよい。ここで、カバーガラス 6 5 は支持部材 6 6 を介して Z ステージ 5 1 上で支持されており、カバーガラス 6 5、支持部材 6 6、及び Z ステージ 5 1 で形成される空間 5 7 は略密閉空間である。そして、この空間 5 7 内部に液体 5 0 及び基板 P が配置されている。カバーガラス 6 5 は露光光 E L に対して透過性を有する材料により構成されている。そして、カバーガラス 6 5 の表面と投影光学系 P L との間の空間 5 6' に対して、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 による液体 5 0 の供給及び回収が行われ、カバーガラス 6 5 の表面と投影光学系 P L の先端部 7 とを間隔を d とした場合、空間 5 6' において上記条件式 (3) を満足するように設定されている。

【 0 0 7 0 】

そして、このカバーガラス 6 5 の表面 (上面) に対しても、液体 5 0 との親和性に応じた表面処理を施すことができる。カバーガラス 6 5 の表面は親液化処理されることが望ましいため、液体 5 0 が水である場合、カバーガラス 6 5 の表面には極性の大きい分子構造の物質で薄膜が形成される。

【 0 0 7 1 】

なお、上記各実施形態の基板 P としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版 (合成石英、シリコンウエハ) 等が適用される。

【 0 0 7 2 】

露光装置 E X としては、マスク M と基板 P とを同期移動してマスク M のパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置 (スキャニングステッパ) の他に、マスク M と基板 P とを静止した状態でマスク M のパターンを一括露光し、基板 P を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置 (ステッパ) にも適用することができる。また、本発明は基板 P 上で少なくとも 2 つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

【 0 0 7 3 】

また、本発明は、ツインステージ型の露光装置にも適用できる。ツインステージ型の露光装置の構造及び露光動作は、例えば特開平 1 0 - 1 6 3 0 9 9 号及び特開平 1 0 - 2 1 4 7 8 3 号 (対応米国特許 6, 3 4 1, 0 0 7 号、6, 4 0 0, 4 4 1 号、6, 5 4 9, 2 6 9 号及び 6, 5 9 0, 6 3 4 号)、特表 2 0 0 0 - 5 0 5 9 5 8 号 (対応米国特許 5, 9 6 9, 4 4 1 号) あるいは米国特許 6, 2 0 8, 4 0 7 号に開示されている。

【 0 0 7 4 】

露光装置 E X の種類としては、基板 P に半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子 (C C D) あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

【 0 0 7 5 】

基板ステージ P S T やマスクステージ M S T にリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージ P S T、M S T は、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。ステージにリニア

モータを用いた例は、米国特許 5, 6 2 3, 8 5 3 及び 5, 5 2 8, 1 1 8 に開示されている。

【 0 0 7 6 】

各ステージ P S T、M S T の駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージ P S T、M S T を駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージ P S T、M S T に接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージ P S T、M S T の移動面側に設ければよい。

【 0 0 7 7 】

基板ステージ P S T の移動により発生する反力は、投影光学系 P L に伝わらないように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。この反力の処理方法は、例えば特開平 8 - 1 6 6 4 7 5 号公報（米国特許 5, 5 2 8, 1 1 8）に詳細に開示されている。

【 0 0 7 8 】

マスクステージ M S T の移動により発生する反力は、投影光学系 P L に伝わらないように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。この反力の処理方法は、例えば特開平 8 - 3 3 0 2 2 4 号公報（米国特許第 5, 8 7 4, 8 2 0 号）に詳細に開示されている。

【 0 0 7 9 】

以上のように、本願実施形態の露光装置 E X は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることによって製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【 0 0 8 0 】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 1 0 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 2 0 1、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ 2 0 2、デバイスの基材である基板を製造するステップ 2 0 3、前述した実施形態の露光装置 E X によりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ 2 0 4、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）2 0 5、検査ステップ 2 0 6 等を経て製造される。なお、露光処理ステップ 2 0 4 において、露光前に、基板と液体との親水性を調整するために基板の表面処理を行うステップを含んでいる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 1 】

【図 1】本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図 2】供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。

【図 3】供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。

【図 4】投影光学系及び基板が表面処理されている領域を説明するための模式図である。

【図 5】表面処理が施されていない投影光学系と基板との間に液体が流れる様子を説明するための模式図である。

【図 6】表面処理が施された投影光学系と基板との間に液体が流れる様子を説明するための模式図である。

【図 7】本発明の他の実施形態を説明するための図である。

【図 8】 供給ノズルの他の実施例を示す図である。

【図 9】 基板上に設けられたカバーガラスを示す図である。

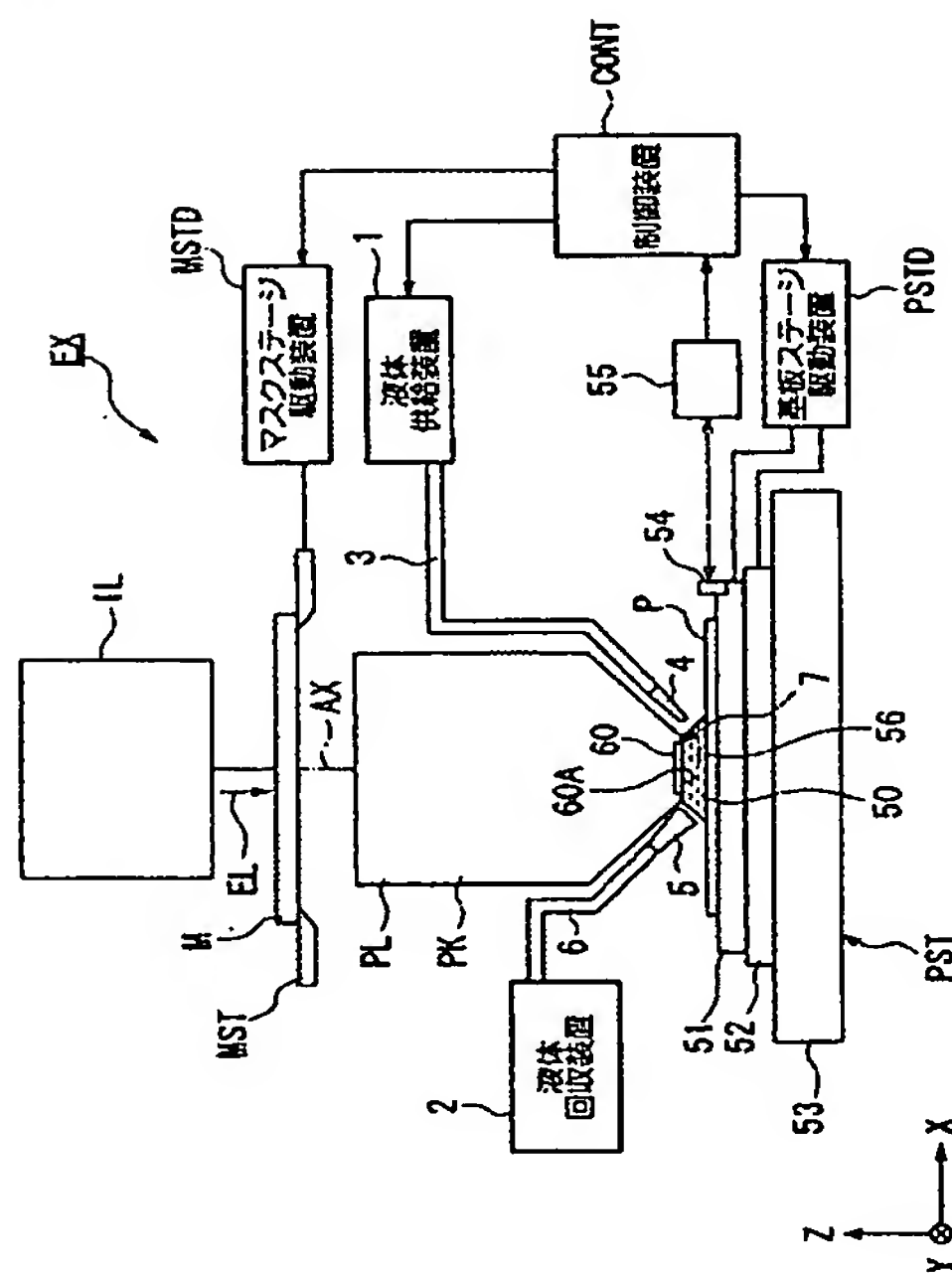
【図 10】 半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

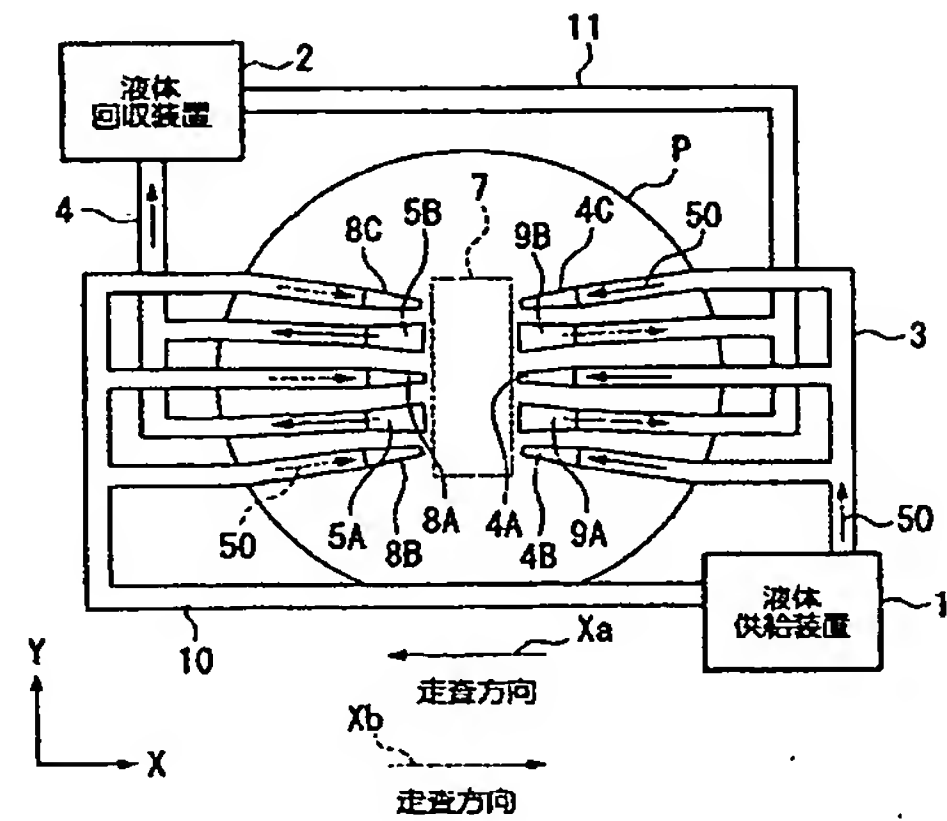
【 0 0 8 2 】

1 … 液体供給装置（液浸手段、供給手段）、2 … 液体回収装置（液浸手段、回収手段）、
7 … 投影光学系先端部、50 … 液体、60 … 光学素子、65 … カバーガラス、
AR1 … 第1表面領域、AR2 … 第2表面領域、EX … 露光装置、P … 基板、
PK … 鏡筒（保持部材）、PL … 投影光学系

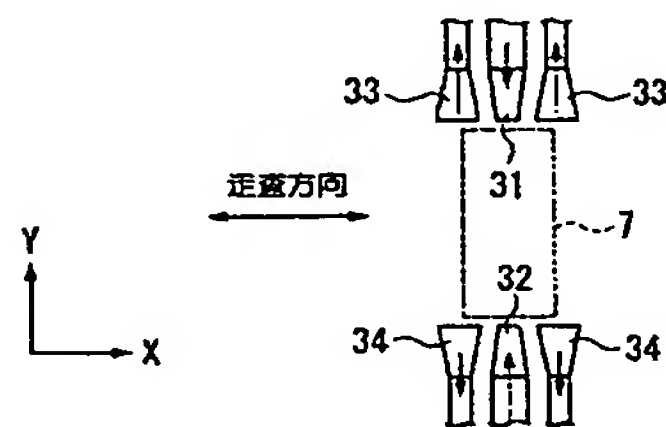
【 図 1 】



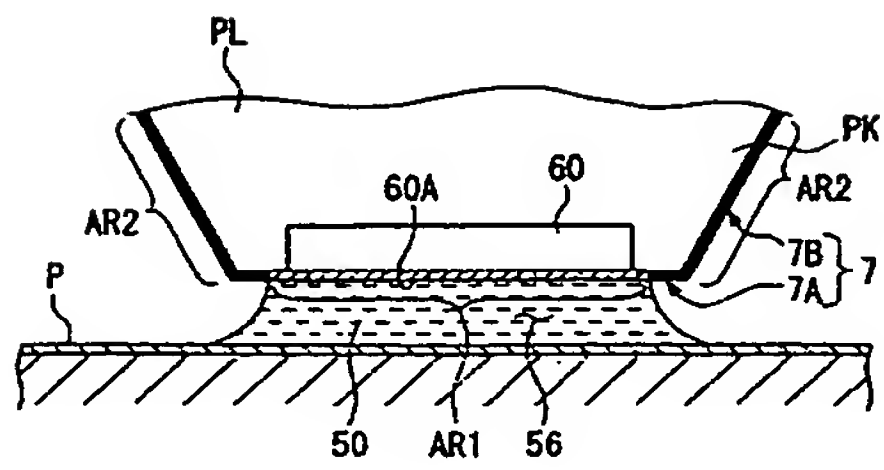
【 図 2 】



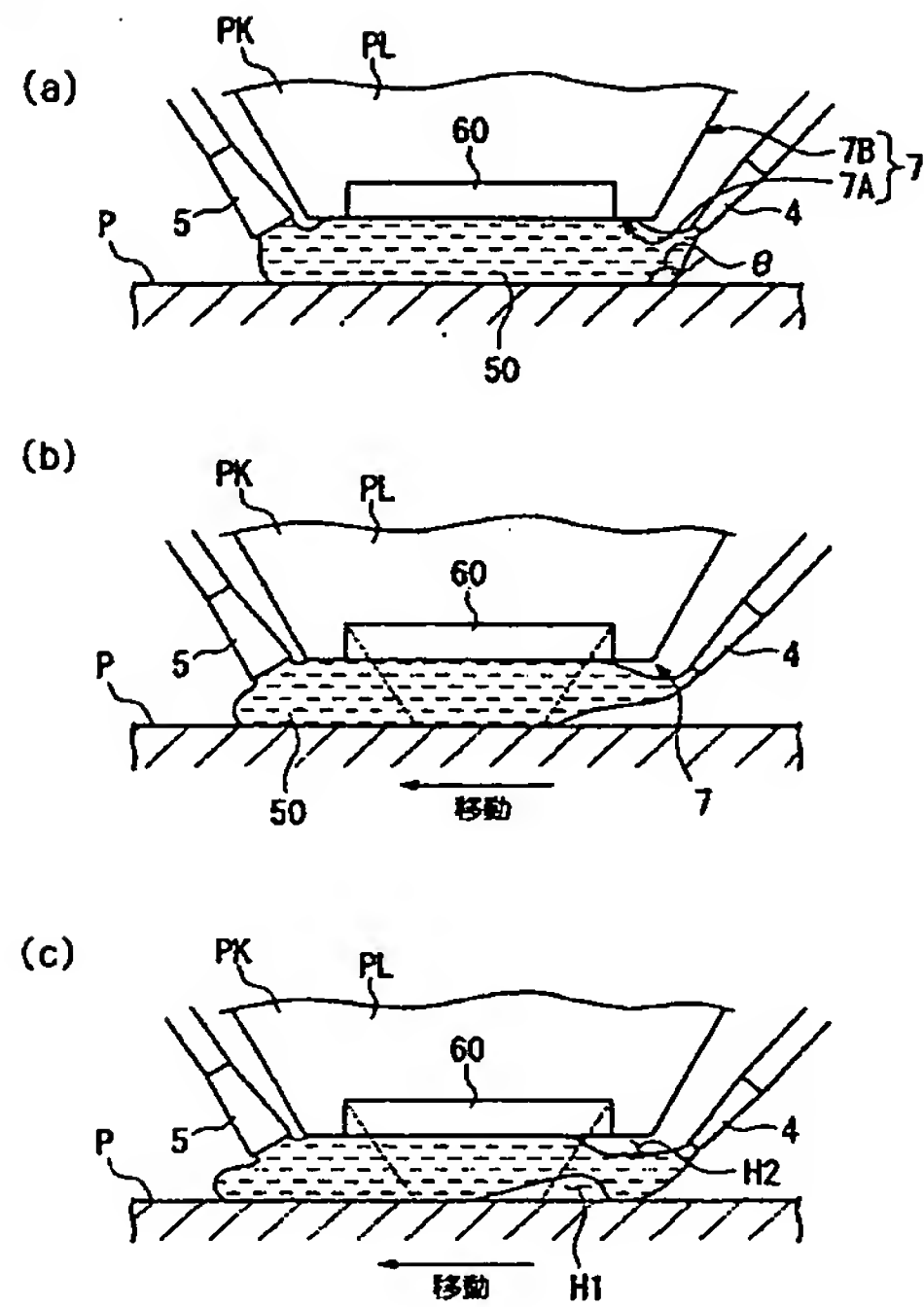
【 図 3 】



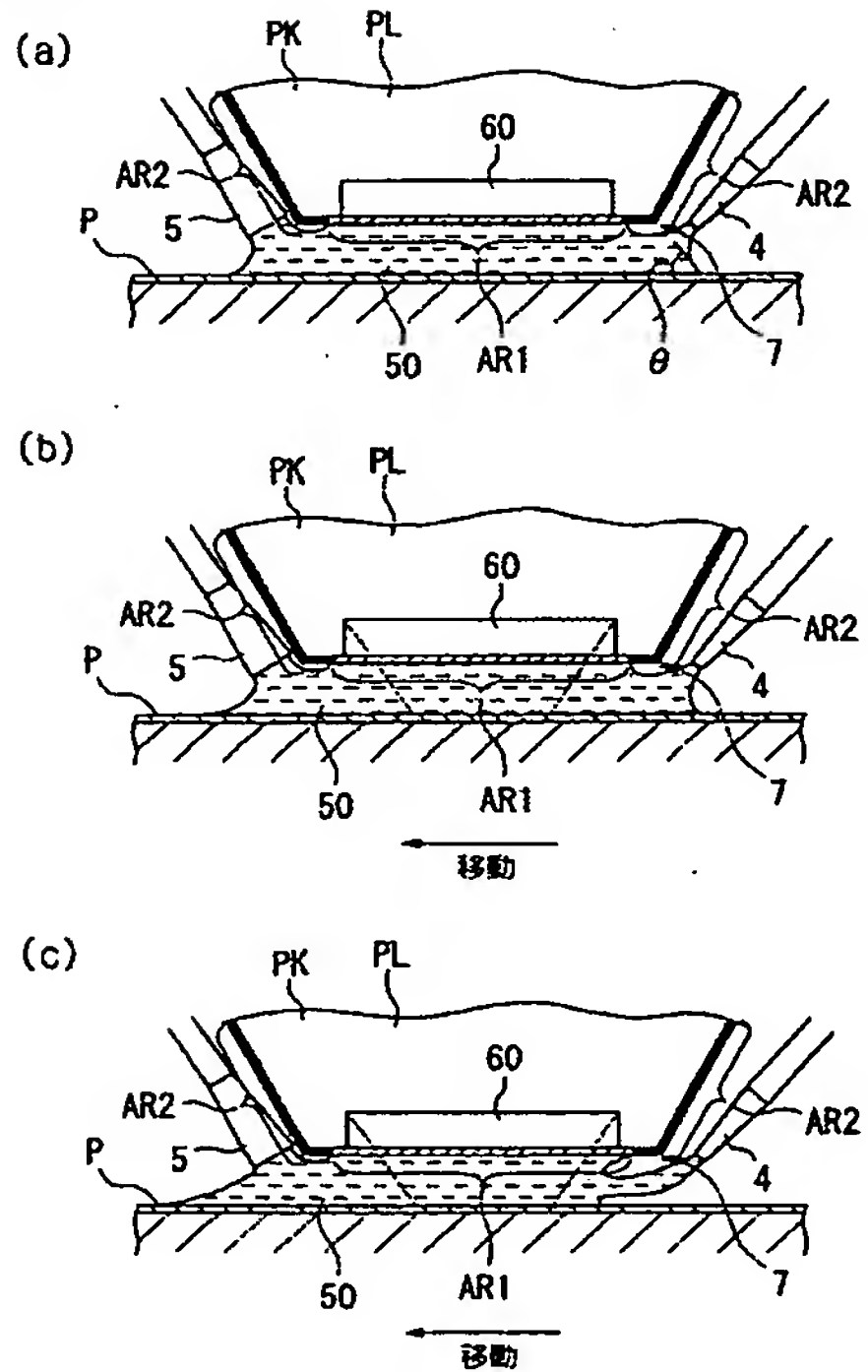
【 図 4 】



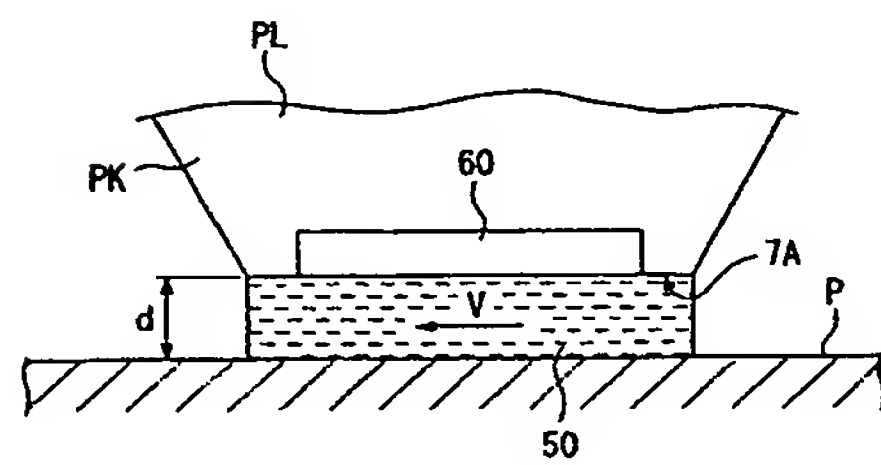
【 図 5 】



【 図 6 】

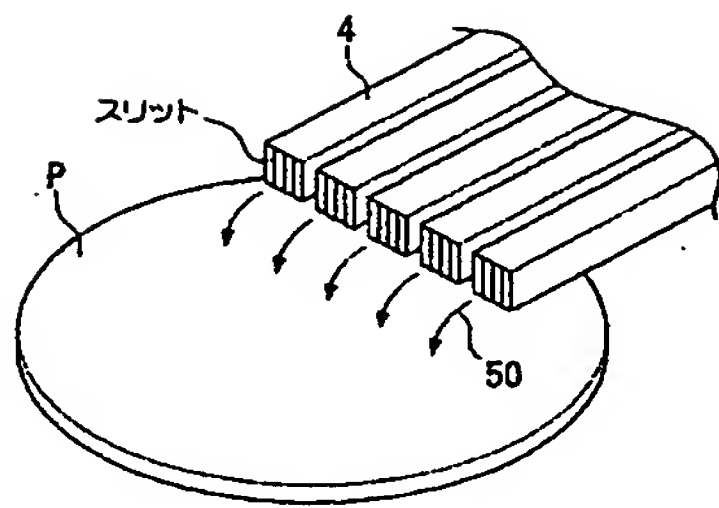


【 図 7 】

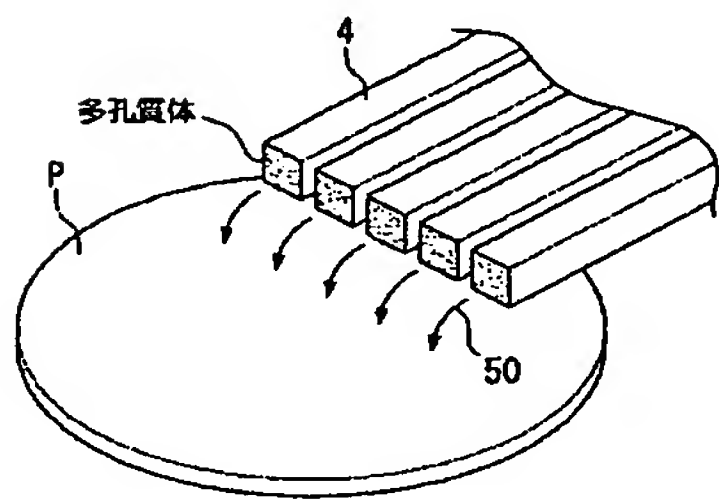


【 図 8 】

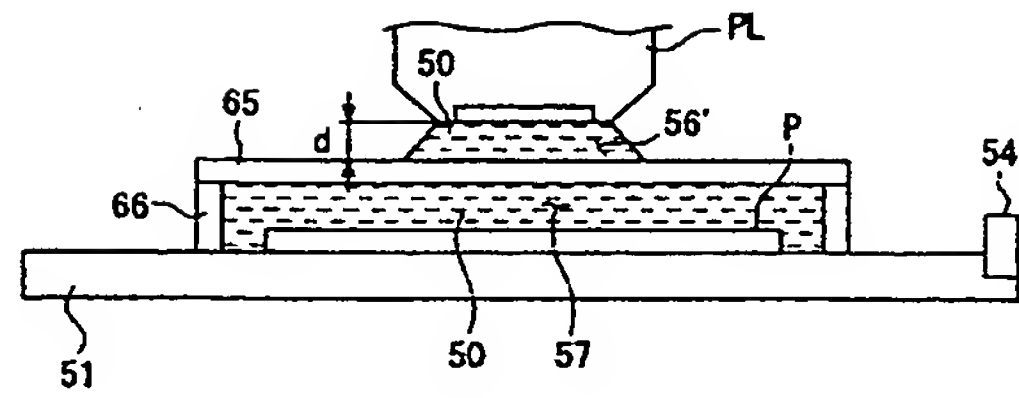
(a)



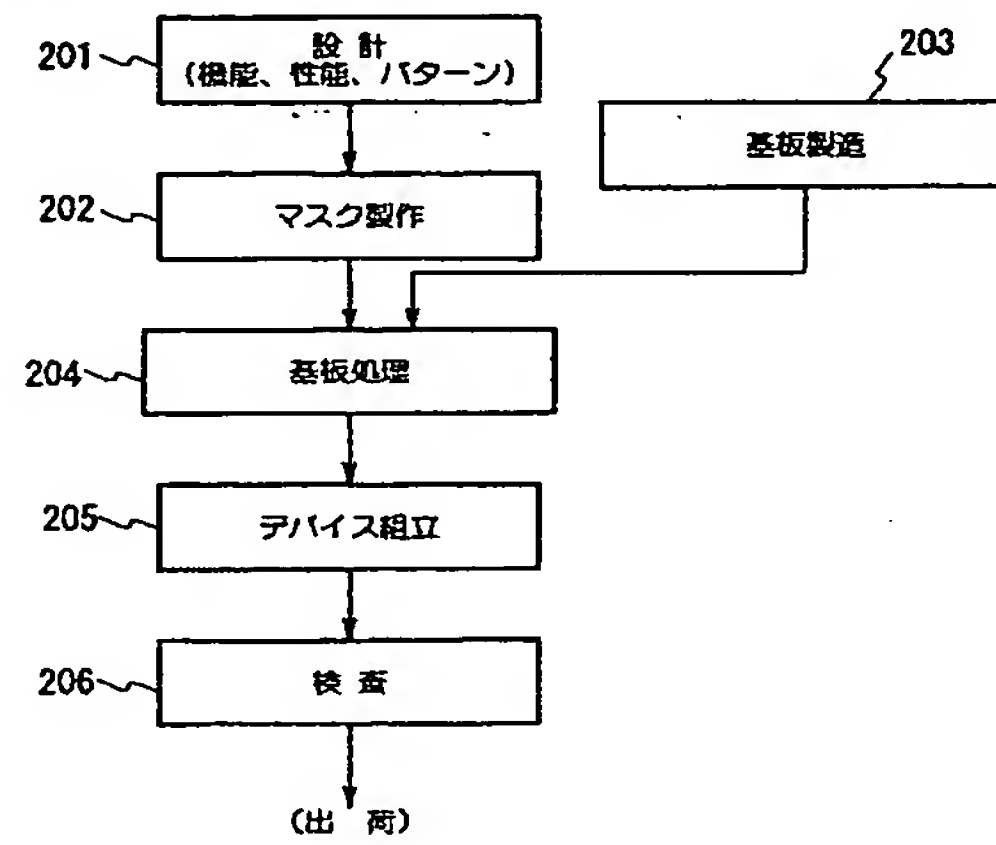
(b)



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 馬込 伸貴

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 5F046 BA04 BA05 CB12 CB25 CC01 CC02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.